

**ANALISIS PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PEMBAKARAN
SOLAR DARI MINYAK JELANTAH DENGAN SOLAR DARI
FOSIL**

KARYA ILMIAH

Merupakan ujian keterampilan dan syarat kelulusan sekolah



Disusun oleh:

1. 29791 Belandia Keisya Revaline Ratulado XII MIPA 4 / 03
2. 29816 Calvin Jose Antonius XII MIPA 4 / 07
3. 29822 Carolus Christopher Ongkokusumo XII MIPA 4 / 08
4. 30021 Katarina Vanya Nathalie XII MIPA 4 / 23
5. 30101 Nicholas Allucard Cosakavega XII MIPA 4 / 29
6. 30170 Tiffany Riyanto XII MIPA 4 / 34

SMA KATOLIK ST. LOUIS 1

SURABAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Analisis Perbandingan Efektivitas Pembakaran Solar Dari Minyak Jelantah Dengan Solar Dari Fosil

Penyusun : 1. 29791 Belandia Keisya Revaline Ratulado XII MIPA 4 / 03
2. 29816 Calvin Jose Antonius XII MIPA 4 / 07
3. 29822 Carolus Christopher Ongkokusumo XII MIPA 4 / 08
4. 30021 Katarina Vanya Nathalie XII MIPA 4 / 23
5. 30101 Nicholas Allucard Cosakavega XII MIPA 4 / 29
6. 30170 Tiffany Riyanto XII MIPA 4 / 34

Pembimbing I : Dra. Maria Viciati, M.M

Pembimbing II : Hari Suyanto, S.Pd., M.si

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Maria Viciati, M.M

Hari Suyanto, S.Pd., M.si

Mengetahui,

Kepala Sekolah

Dra. Sri Wahjoeni Hadi S

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan efektivitas pembakaran antara biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah dengan solar dari bahan bakar fosil, guna menguji potensi biodiesel dari minyak jelantah sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian dilakukan dengan cara membakar biodiesel dan solar menggunakan sumbu yang berukuran sama untuk memanaskan air ke suhu 40°C. Kemudian, waktu yang dibutuhkan serta massa biodiesel dan solar yang berkurang dipakai untuk mengukur laju pembakaran dan energi yang dilepaskan (kalor). Hasil uji menunjukkan bahwa pembakaran solar dari bahan bakar fosil lebih cepat lajunya dibandingkan pembakaran biodiesel dari minyak jelantah. Selain itu kalor yang dilepaskannya juga lebih besar. Hasil uji menunjukkan bahwa pada saat air mencapai suhu 40°C, massa solar dari bahan bakar fosil berkurang sebesar 7,57 gram dalam waktu 6 menit 57 detik sementara massa biodiesel dari minyak jelantah berkurang sebesar 4,74 gram dalam waktu 9 menit 15 detik.

Kata Kunci: minyak jelantah, biodiesel, kalor

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat penyertaan-Nya sehingga laporan yang berjudul “Analisis Perbandingan Efektivitas Pembakaran Solar Dari Minyak Jelantah Dengan Solar Dari Fosil” dapat disusun dan diselesaikan dengan tepat waktu. Laporan ini bertujuan untuk memenuhi tugas ujian praktek karya ilmiah SMAK St. Louis 1 dalam berbagai mata pelajaran.

Ujian Praktek Karya Ilmiah adalah kegiatan tahunan yang diadakan oleh SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya. Kegiatan ini dilakukan agar para siswa dapat melakukan penelitian mengenai ilmu pengetahuan alam di kehidupan sehari-hari. Ujian Praktek dilakukan dengan melibatkan para siswa dan guru SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.

Penulis menyadari keterbatasan kemampuan dalam penyusunan laporan ini. Dalam penyusunan laporan, penulis mendapatkan bimbingan, bantuan, dukungan, dan masukan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dra. Sri Wahjoeni Hadi S., selaku Kepala SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.
2. Dahlia Adiati, S.Pd., selaku Wakil Kepala Bidang Kurikulum SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.
3. Linda Juliarti, S.Pd., M.si., selaku ketua panitia kegiatan ujian praktek yang telah mengkoordinasi segala rangkaian kegiatan ujian praktek.
4. Y. Hari Suyanto, S.Pd., M.si., selaku wali kelas XII MIPA 4 dan pendamping penyusunan laporan ujian praktek.
5. Yohanna Murniasih, S.Pd., selaku guru bidang studi bahasa Indonesia yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan ujian praktek.
6. Dra. Maria Viciati, M.M., selaku guru pendamping yang mendampingi selama penyusunan ujian praktek berlangsung.

7. Maria Anita Kurniasih, S.Si., selaku guru mata pelajaran biologi yang telah memberikan bimbingan materi bidang biologi.
8. Irmira Indiyarti, S.Pd., selaku guru mata pelajaran fisika yang telah memberikan bimbingan materi bidang fisika.
9. Seluruh tim penyusun laporan yang telah berkontribusi dalam penyusunan laporan yang berjudul “Analisis Perbandingan Efektivitas Pembakaran Solar Dari Minyak Jelantah Dengan Solar Dari Fosil”.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata, kami mengharapkan laporan ini dapat diterima dan bermanfaat.

Surabaya, 30 Januari 2025

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	I
ABSTRAK.....	II
KATA PENGANTAR.....	III
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR GAMBAR.....	VII
DAFTAR TABEL.....	VIII
DAFTAR LAMPIRAN.....	IX
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Hipotesis.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori.....	5
2.2.1 Solar.....	5
2.2.2 Karakteristik fisik dan kimia solar yang ideal.....	11
2.2.4 Minyak jelantah.....	12
2.2.5 Senyawa Hidrokarbon.....	13
2.2.6 Nilai Kalor.....	14
2.2.7 Biosolar.....	17
2.2.8 Asas Black.....	17
2.2.9 Entalpi.....	18

BAB III.....	19
METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	19
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	20
BAB IV.....	24
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Hasil Penelitian.....	24
4.1.1 Energi Yang Dilepaskan Biodiesel dan Solar dari Fosil.....	24
4.1.2 Laju Pembakaran Biodiesel dan Solar dari Fosil.....	27
4.2 Pembahasan.....	27
4.2.1 Energi Yang Dilepaskan Biodiesel dan Solar dari Fosil.....	27
4.2.2 Laju Pembakaran.....	28
BAB V.....	30
KESIMPULAN DAN SARAN.....	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.1.1 Perbandingan Efektivitas Dalam Aspek Energi Kalor.....	30
5.1.2 Perbandingan Efektivitas Dalam Aspek Laju Pembakaran.....	30
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumus Struktur Solar.....	6
Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi Keseluruhan dari Trigliserida.....	7
Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi dari Trigliserida.....	8
Gambar 2.4 Rantai alkana, alkena, alkuna.....	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 4.1 Perbandingan Energi Yang dilepaskan Biodiesel dan Solar.....	27
Gambar 4.2 Perbedaan Laju Pembakaran Biodiesel dan Solar.....	28

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil penelitian Solar fosil.....	24
Tabel 4.2 Hasil penelitian Biodiesel.....	24
Tabel 4.3 Perbedaan laju pembakaran biodiesel dan solar dari fosil.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Monitoring Ujian Praktek.....	35
Lampiran 2. Proses Pembuatan Biodiesel.....	36
Lampiran 3. Uji perbandingan biodiesel dan solar.....	38

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia saat ini sedang dilanda masalah besar, yaitu menipisnya ketersediaan minyak bumi. Padahal, minyak bumi ini adalah bahan bakar yang paling sering dipakai oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya dalam bentuk BBM solar (bahan bakar minyak). Menurut Statista.com, penggunaan minyak bumi pada 2023 rata-rata adalah 100.221 barel per hari. Sebagai gambaran, 1 barel berisi 159 liter minyak bumi. Menurut artikel dari mahb.stanford.edu, dengan tingkat konsumsi sebesar ini, diperkirakan seluruh deposit minyak bumi yang sudah ditemukan akan habis di tahun 2052. Hal ini diperburuk data bahwa, masih menurut Statista, tren penggunaan minyak bumi terus meningkat tiap tahunnya, sehingga mungkin saja sebelum 2052, stok minyak bumi sudah habis.

Jelantah, menurut KBBI, adalah minyak goreng sisa/bekas dipakai menggoreng. Menurut artikel yang dipublikasikan di ResearchGate, pada tahun 2020, diperkirakan 50 juta ton jelantah dibuang di seluruh dunia tanpa pengolahan lebih lanjut. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada 2021, jenis minyak yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah minyak goreng berbasis sawit. Minyak jenis ini termasuk ke dalam golongan minyak nabati, karena berasal dari tumbuhan, yaitu kelapa sawit (*Elaeis guineensis*).

Biodiesel sendiri merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono alkil ester dari rantai panjang asam lemak yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak nabati (Nurfadillah, 2011). Biodiesel bisa menjadi salah satu opsi pengganti untuk minyak bumi, karena biodiesel lebih ramah lingkungan

dan merupakan sumber energi terbarukan. Biodiesel juga lebih ramah lingkungan, karena biodiesel, tidak mengandung sulfur dan tidak memiliki cincin benzena. Sementara kandungan energi, viskositas, dan perubahan fase pada biodiesel relatif sama dengan petrodiesel, seperti solar (Gita Septyanti, 2018).

Berangkat dari 2 permasalahan tentang menipisnya stok minyak bumi dan banyaknya limbah jelantah yang dihasilkan tiap tahunnya, kami hendak melakukan penelitian untuk mengkaji potensi biodiesel dari minyak jelantah sebagai pengganti solar. Sebelumnya, sudah ada penelitian yang dilakukan oleh Andri Kapuji, Sjahrul Hadi, dan Zainul Arifin (2021) yang berjudul “Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah”. Perbedaannya terletak bahwa jurnal ini menitikberatkan pada proses pembuatan biodiesel dan hubungan antara lama proses pengadukan dengan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Namun, bagaimana kualitas biodiesel jika dibandingkan dengan solar dari fosil? Karena itu, penelitian ini hendak dilakukan untuk menguji perbandingan kualitas antara solar dari minyak jelantah dengan solar dari fosil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

Bagaimana kualitas pembakaran solar dari minyak jelantah bila dibandingkan dengan solar dari fosil jika dilihat dari laju pembakaran dan jumlah energi yang dilepaskan selama pembakaran?

1.3 Hipotesis

Dari rumusan masalah diatas, kami membuat hipotesis sebagai berikut:

1. Solar dari fosil akan lebih mudah terbakar, sehingga laju pembakaran akan lebih cepat dibandingkan dengan laju pembakaran biodiesel.
2. Energi yang dihasilkan biodiesel dari minyak jelantah akan lebih rendah dibandingkan dengan energi yang dihasilkan solar dari fosil.

1.4 Tujuan Penelitian

Berangkat dari hipotesis tadi, kami menyimpulkan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan laju pembakaran antara biodiesel dari minyak jelantah dan solar dari bahan bakar fosil.
2. Mengetahui perbedaan energi yang dilepaskan selama proses pembakaran pada biodiesel dari minyak jelantah dan solar dari bahan bakar fosil.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian tersebut, kami mendapat manfaat penelitian sebagai berikut:

Mengetahui seberapa cocok biodiesel berbasis minyak jelantah untuk dipergunakan sebagai bahan bakar sebagai alternatif untuk bahan bakar fosil, jika ditinjau dari sisi laju pembakaran dan jumlah energi yang dilepaskan selama pembakaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah menelaah beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, peneliti menemukan jurnal penelitian yang ditulis oleh Andri Kapuji, Sjahrul Hadi, Zainul Arifin (2021) yang berjudul “Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi pengolahan biodiesel dan mengetahui kualitas bahan bakar biodiesel dari bahan baku minyak goreng bekas. Adapun teknologi yang digunakan adalah teknologi corong pisah. Teknologi pengolahan biodiesel menggunakan 3 variasi yaitu temperatur, putaran dan waktu. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa semakin lama waktu yang diuji dapat merusak komponen dari minyak bekas dan membentuk partikel hitam pekat.

Penelitian lainnya ditulis oleh Karisma Puspitasari, Fatkhur Rohman, Kuni Nadliroh (2020) yang berjudul “Analisa Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Antara Biosolar, Minyak Jelantah, dan Oli Bekas Terhadap Kecepatan Peningkatan Suhu Api”. Penelitian tersebut bertujuan untuk untuk mengetahui perbandingan penggunaan bahan bakar yang paling optimal terhadap kecepatan peningkatan suhu api. Metode penelitian pada penelitian tersebut menggunakan metode eksperimen untuk menguji suhu bahan bakar. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan penulis jurnal tersebut, didapatkan hasil bahwa bahan bakar minyak jelantah lebih cepat meningkat suhunya dari pada oli bekas dan solar karena mengandung asam lemak bebas yang tinggi. Didapatkan pula hasil bahwa minyak jelantah lebih boros dan membutuhkan konsumsi yang lebih banyak dari pada oli bekas dan solar. Disarankan pula untuk melakukan penelitian lebih lanjut agar mengetahui efektivitas dan efisiensi penggunaan bahan bakar.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Solar

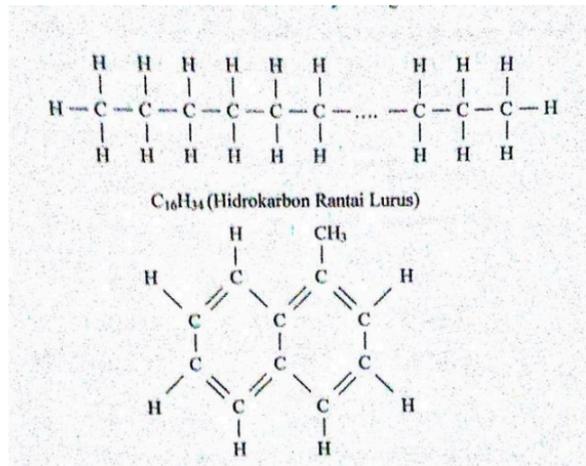
Solar didefinisikan sebagai bahan bakar hasil penyulingan minyak bumi yang digunakan dalam mesin diesel (Sukendar, 2010). Solar juga didefinisikan sebagai bahan bakar minyak hasil destilasi minyak mentah yang terdiri dari senyawa hidrokarbon (C_xH_y) dengan rantai karbon C10-C20 (Mularwan, 2013). Kandungannya yang mencakup hidrokarbon kompleks, memberikannya kemampuan untuk menghasilkan emisi sulfur dan partikulat jika tidak dimurnikan dengan baik. Solar banyak digunakan untuk aplikasi transportasi, pembangkit listrik, dan mesin industri, dengan karakteristik utama berupa densitas energi yang tinggi dan kemampuan bekerja pada mesin bertekanan tinggi.

Solar pada umumnya memiliki kandungan kimia utama yang mencakup hidrokarbon alifatik (Parafin dan olefin), hidrokarbon aromatik, dan sulfur (Speight, 2007). Kandungan hidrokarbon alifatik (Parafin dan olefin) dalam solar berfungsi untuk memberikan nilai kalor tinggi dan efisiensi pembakaran, dan hidrokarbon aromatik dalam solar untuk meningkatkan densitas energi. Sedangkan kandungan sulfurnya bergantung pada tingkat pemurnian solar, yang berfungsi sebagai pelumas tambahan untuk komponen mesin, namun juga berdampak negatif pada lingkungan (Speight, 2007). Selain itu, terdapat kandungan pendukung dari solar yang meliputi stabilisator oksidasi untuk mencegah degradasi bahan bakar selama penyimpanan, aditif anti-foam untuk mengurangi pembentukan busa saat pengisian bahan bakar, dan aditif pelumas untuk menjaga performa injektor bahan bakar pada mesin diesel (BPPT, 2020).

Berdasarkan kementerian ESDM, solar dibagi menjadi menjadi 5 jenis yang meliputi :

a. Solar minyak bumi

Solar minyak bumi yang dikenal dengan petrodiesel atau juga solar fosil merupakan jenis bahan bakar diesel yang paling umum. Solar jenis dihasilkan dari distilasi fraksional minyak mentah antara 200 ° C (392 ° F) dan 350 ° C (662 ° F) pada tekanan atmosfer.



Gambar 2.1 Rumus Struktur Solar

b. Diesel sintetis

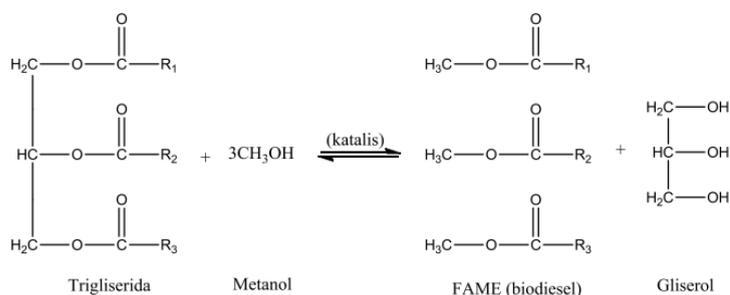
Diesel sintetis merupakan jenis solar yang dapat dihasilkan dari bahan berkarbon apapun, seperti biomassa, biogas, gas alam, batu bara, dan lain-lain.

c. Biodiesel

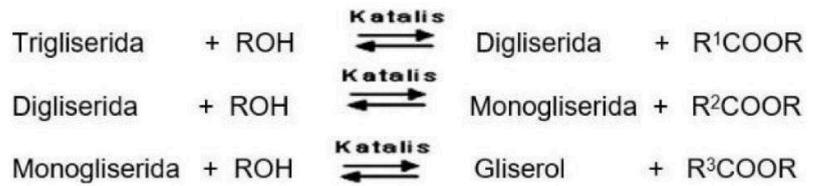
Biodiesel adalah jenis solar yang diperoleh dari minyak nabati atau lemak hewani (biolipid), kebanyakan merupakan metil ester asam lemak atau *Fatty Acid Methyl Esters* (FAME), dan transesterifikasi dengan metanol.

FAME memiliki efek mengurangi konsentrasi polutan pada gas buang karena pembakaran yang terjadi di mesin lebih baik, sehingga biodiesel dapat menjadi alternatif bahan bakar yang dapat meningkatkan kondisi lingkungan dan membuat kontribusi dalam mendapatkan kesinambungan energi.

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan proses transesterifikasi dari trigliserida menjadi molekul yang lebih kecil dan memiliki rantai ikatan kimia yang lurus dan pendek yang disebut metil ester. Trigliserida kemudian bereaksi dengan alkohol berupa metanol atau etanol untuk menghasilkan ester dan gliserol. Namun, etanol disini menghasilkan etil ester yang lebih sedikit dan meninggalkan sisa karbon yang banyak. Proses ini secara keseluruhan merupakan urutan tiga reaksi yang bersifat reversible. Selama reaksi pertama, trigliserida ditransformasikan menjadi digliserida. Kemudian dari digliserida, monogliserida diproduksi dalam reaksi kedua dan terakhir reaksi yang menghasilkan gliserol dari monogliserida. Dalam semua reaksi ini ester diproduksi, dan dikenal sebagai biodiesel.



Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi Keseluruhan dari Trigliserida



Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi dari Trigliserida

Menurut Freedman et al. (1984) proses transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel sendiri dipengaruhi oleh beberapa kondisi reaksi dalam proses konversi dan perolehan biodiesel, yakni :

1) Pengaruh air dan asam lemak

Dalam proses transesterifikasi, semua bahan yang digunakan harus bebas dari air. Hal ini karena air dapat bereaksi dengan katalis sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Selain itu, katalis juga harus terhindar dari kontak dengan udara agar tidak mengalami reaksi dengan uap air dan karbon dioksida.

2) Pengaruh perbandingan molar alkohol

Jika dilihat secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida dalam memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol trigliserida. Dalam hal ini ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka jumlah konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah.

Menurut Encinar (2005) nilai perbandingan yang terbaik adalah 6:1 karena dapat menghasilkan konversi yang maksimum.

3) Pengaruh jenis alkohol

Untuk memperoleh ester yang tertinggi, jenis alkohol metanol akan menghasilkan ester yang lebih tinggi pada rasio 6:1 dibandingkan etanol atau pun butanol.

4) Pengaruh jenis katalis

Dalam proses transesterifikasi, alkali katalis atau katalis basa dapat mempercepat reaksi lebih cepat dibandingkan katalis asam. Katalis basa yang biasanya digunakan dalam proses transesterifikasi adalah natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium metoksida (NaOCH₃), dan kalium metoksida (KOCH₃).

5) Jenis minyak nabati

Metil ester yang menggunakan minyak nabati murni akan menghasilkan perolehan metil ester yang lebih tinggi dibandingkan minyak kasar. Namun, untuk penggunaan sebagai bahan bakar mesin diesel dapat digunakan bahan baku berupa minyak yang sudah dihilangkan getahnya dan disaring.

6) Pengaruh temperatur

Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30 - 65°C (titik didih metanol sekitar 65°C). Namun, semakin tinggi temperatur, konversi.

yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat

7) Pengadukan

Dengan melakukan pengadukan akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dengan zat yang bereaksi. Hal ini dapat mempercepat terjadinya reaksi, yang mana semakin besar tumbukan maka semakin besar harga konstanta laju reaksi.

8) Waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka kemungkinan untuk terjadinya kontak antar zat juga semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar. Namun, jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka waktu reaksi tidak akan mempengaruhi hasil.

d. Minyak dan lemak terhidrogenasi (Green diesel)

Merupakan jenis solar yang melibatkan perubahan trigliserida dalam minyak nabati dan lemak hewani menjadi alkana dengan pemurnian dan hidrogenasi.

e. DME

Dimetil eter atau yang disingkat dengan DME adalah bahan bakar diesel gas sintetis yang menimbulkan pembakaran bersih dengan sedikit jelaga dan pengurangan emisi NO_x.

2.2.2 Karakteristik fisik dan kimia solar yang ideal

Untuk menghasilkan pembakaran yang baik, solar harus dapat memenuhi syarat-syarat sesuai standar yang ditentukan. Hal ini dapat menjamin efisiensi, keamanan, serta kompatibilitas dari pengaplikasian solar. Menurut standar internasional, kualitas solar yang baik, yakni :

- a. Mudah terbakar.
- b. Tidak mudah untuk mengalami pembekuan pada suhu yang dingin.
- c. Mempunyai sifat anti knocking dan membuat mesin bekerja dengan lembut.
- d. Memiliki kekentalan yang memadai agar bisa disemprotkan oleh ejector di dalam mesin.
- e. Tetap stabil atau tidak mengalami perubahan struktur, bentuk, maupun warna dalam proses penyimpanan
- f. Memiliki kandungan sulfur sekecil mungkin agar tidak menimbulkan dampak buruk bagi mesin kendaraan dan tidak menimbulkan polusi.

Diringkus dari website resmi American Petroleum Institute (API), terdapat spesifikasi dan karakteristik solar yang baik, yakni :

- a. Nilai kalor yang tinggi, berkisar antara 42-45 MJ/kg untuk menghasilkan energi maksimal dalam proses pembakaran.
- b. Kandungan sulfur yang rendah, berkisar kurang dari 15 ppm untuk mengurangi emisi gas sulfur oksida.
- c. *Cetane Number* (CN) yang tinggi, dengan minimum 45 untuk memastikan pembakaran yang lebih efisien dan pengurangan getaran mesin.

- d. Kandungan air dan sedimen yang rendah, dengan kandungan air $< 0,02\%$ dan sedimen $< 0,05\%$ untuk menghindari kerusakan mesin.
- e. Viskositas yang sesuai, berkisar antara 1,9-4,1 mm²/s pada 40°C untuk memastikan bahan bakar mengalir dengan baik ke sistem injeksi mesin diesel.
- f. Stabilitas oksidasi yang baik, untuk menghindari pembentukan sludge yang dapat merusak sistem bahan bakar.
- g. Emisi yang rendah, untuk mematuhi standar lingkungan yang ketat.
- h. Titik nyala atau *flash point* yang tinggi, dengan minimal 52°C
- i. Tanda aktivitas organisme seperti sarang atau lubang yang ditinggalkan.

Solar yang berasal dari minyak fosil merupakan salah sumber energi utama untuk kendaraan bermesin diesel, meskipun pembakarannya bisa menghasilkan emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida, sulfur oksida, dan nitrogen oksida (Twidell,2006). Meskipun demikian, solar dari fosil telah dirancang untuk memenuhi teknik mesin diesel sehingga membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi (Sharma, 2008).

2.2.4 Minyak jelantah

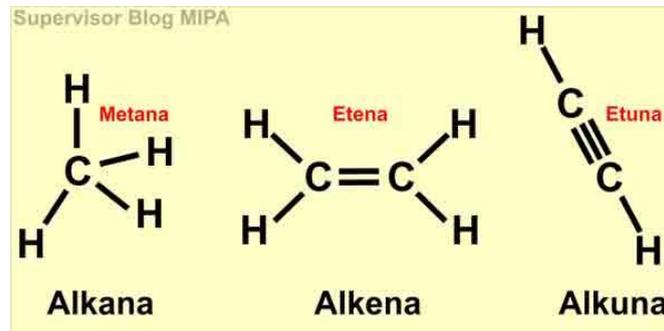
Minyak jelantah adalah minyak nabati yang telah digunakan untuk menggoreng makanan dan mengalami perubahan fisik serta kimiawi akibat pemanasan berulang (Fadhil, dkk, 2011). Minyak jelantah juga merupakan limbah minyak dari jenis-jenis minyak goreng seperti minyak jagung, minyak sayur, minyak

samin, dan sebagainya yang telah digunakan dalam pemakaian rumah tangga sebelumnya. Minyak jelantah biasanya telah digunakan berulang-ulang dan kualitas dari minyak sudah menurun.

Minyak jelantah dari industri pangan dan rumah tangga sangat banyak tersedia di Indonesia. Namun, minyak jelantah ini tidak baik jika digunakan kembali untuk memasak karena banyak mengandung asam lemak bebas dan radikal yang dapat membahayakan kesehatan (Birowo, 2000). Beberapa trigliserida akan terurai menjadi senyawa-senyawa lain, salah satunya *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas (Ketaren, 1996). Kandungan asam lemak bebas inilah yang kemudian akan diesterifikasi dengan metanol sehingga menghasilkan biodiesel.

2.2.5 Senyawa Hidrokarbon

Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa yang terdiri atas hidrogen dan karbon. Atom karbon dapat membentuk rantai karbon, ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga. Maka dari itu, senyawa hidrokarbon dapat dikategorikan sebagai senyawa hidrokarbon jenuh dan tak jenuh. Senyawa hidrokarbon jenuh merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rantai karbon tunggal, seperti senyawa alkana. Sedangkan, senyawa hidrokarbon tak jenuh adalah senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap 2 atau 3 pada rantai karbonnya, seperti alkena dan alkuna.



Gambar 2.4 Rantai alkana, alkena, alkuna

Ikatan rangkap pada hidrokarbon yang semakin banyak dapat menyebabkan *ignition delay time* (keterlambatan pengapian) turun dan laju pembakaran menjadi lebih lama. Sedangkan, panjang rantai karbon yang semakin panjang dapat menyebabkan tingginya *ignition delay time* dan laju pembakaran semakin cepat.

2.2.6 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi kalor yang dilepaskan oleh bahan bakar pada waktu terjadinya oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar tersebut (Farel, 2006). Nilai kalor juga merupakan energi maksimum yang dapat diperoleh dari pembakaran sempurna bahan bakar dengan oksigen dalam kondisi tekanan dan suhu standar (Moran, 2004). Nilai kalor ini biasanya digunakan untuk mengukur efisiensi energi dari suatu bahan bakar, dimana nilai kalor dapat mempengaruhi jumlah konsumsi bahan bakar per satuan waktu. Nilai kalor bahan bakar sendiri terdiri dari 2, yakni :

a. Nilai kalor atas

Nilai kalor atas adalah nilai kalor yang berasal dari pembakaran 1 kg bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap, dimana air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud cair.

b. Nilai kalor bawah

Nilai kalor bawah merupakan nilai kalor yang berasal dari pembakaran 1 kg bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap, dimana air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud gas atau uap.

Nilai kalor dapat dihitung dengan menggunakan beberapa rumus :

a. Untuk pembakaran umum

$$Q = m \cdot L$$

Keterangan :

Q : Energi panas yang dihasilkan (Joule atau kalori).

m : Massa bahan bakar (kg atau gram)

L : Nilai kalor bahan bakar (J/kg atau kal/g).

b. Untuk perhitungan energi pembakaran dengan bahan bakar gas.

$$Q = V \cdot H$$

Keterangan :

Q : Energi panas yang dihasilkan (Joule atau kalori).

V : Volume bahan bakar (m^3 atau liter).

H : Nilai kalor bahan bakar per satuan volume (J/m^3 atau kal/L).

c. Untuk perubahan suhu dalam sistem termodinamika

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q : Energi kalor (Joule atau kalori).

m : Massa zat (kg atau gram).

c : Kapasitas kalor zat ($J/kg^\circ C$ atau $kal/g^\circ C$).

ΔT : Perubahan suhu ($T_2 - T_1$)

2.2.7 Biosolar

Biosolar merupakan bahan bakar yang berasal dari minyak nabati dan hewan. Biosolar dihasilkan melalui pencampuran minyak solar dengan biodiesel. Kelebihan dari biosolar sendiri dapat mengurangi gas buang pada kendaraan karena memiliki pembakaran yang lebih sempurna sehingga dapat mengurangi polusi udara. Biodiesel sendiri terdiri atas ester alkil dari asam-asam lemak yang dibuat dari minyak nabati, minyak hewani atau minyak goreng bekas atau daur ulang melalui proses trans atau esterifikasi (Rahayu, 2010). Biosolar terdiri dari *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* sebesar 20% dan bahan bakar minyak jenis solar 80%.

2.2.8 Asas Black

Asas Black adalah salah satu dasar termodinamika yang dikemukakan oleh Joseph Black. Asas ini berbunyi, “ketika dua benda dengan suhu yang berbeda dicampurkan, maka akan terjadi perpindahan kalor dari benda yang lebih panas ke benda yang lebih dingin”. Secara umum, Asas Black dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

Atau bisa juga dijabarkan sesuai dengan rumus kalor menjadi:

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

dimana :

m_1 = massa benda yang melepas kalor

c_1 = kalor jenis benda yang melepas kalor

ΔT_1 = selisih suhu awal benda dengan suhu hasil pencampuran

m_2 = massa benda yang menerima kalor

c_2 = kalor jenis benda yang menerima kalor

ΔT_2 = selisih suhu awal benda dengan suhu hasil pencampuran

2.2.9 Entalpi

Entalpi adalah jumlah kalor dalam suatu zat. Nilai absolut entalpi suatu sistem tidak dapat diukur, dan hanya bisa diamati perubahannya. Hal ini bisa dianalogikan sebagai berikut: kita tidak bisa mengetahui isi dompet seseorang, namun kita bisa mengamati transaksi yang dilakukan orang tersebut (Purba, Sarwiyati, 2017).

Perubahan entalpi ada banyak jenisnya, beberapa diantaranya adalah:

- a. Entalpi pembentukan standar (ΔH_f°)
- b. Entalpi peruraian standar (ΔH_d°)
- c. Entalpi pembakaran standar (ΔH_c°)
- d. Entalpi penetralan standar (ΔH_n°)
- e. Entalpi peleburan standar (ΔH_{fus}°)
- f. Entalpi penguapan standar (ΔH_{vap}°)
- g. Entalpi pelarutan standar (ΔH_{sol}°)

Entalpi dinyatakan dalam besaran positif (+) atau negatif (-), yang menunjukkan sifat reaksi kimia, apakah endoterm atau eksoterm. Reaksi endoterm (reaksi menerima/membutuhkan kalor) akan memiliki nilai ΔH° positif, sedangkan reaksi eksoterm (reaksi melepas/menghasilkan kalor) akan memiliki nilai ΔH° negatif

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan 2 kali, pada 13 Desember 2024 di Laboratorium Kimia SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya dan pada 28 Januari 2024 di rumah salah satu anggota kelompok. Pengujian kemudian dilakukan pada tanggal 30 Januari 2025 di Laboratorium Kimia SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat:

1. Kertas saring
2. Gelas kimia 500 mL
3. Labu leher tiga
4. Kondensor
5. *Hot plate*
6. *Magnetic stirrer*
7. Corong pisah
8. Wadah
9. Kertas Lakmus
10. Sumbu

Bahan:

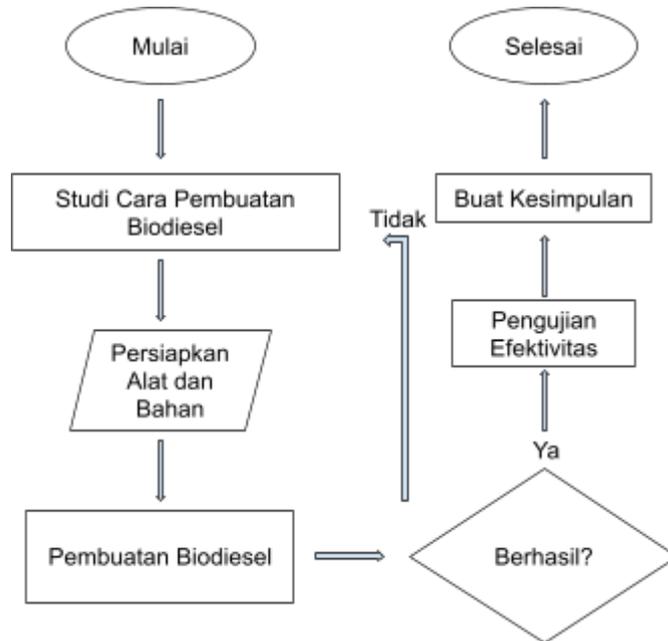
1. Minyak Jelantah : 500 mL
2. Air : 500 mL
3. NaOH 16%
4. Kulit pisang sepatu
5. Methanol : 40 mL
6. Asam Sulfat : 1 mL

7. NaOH : 2 mL

8. *Aquades*

3.3 Diagram Alir Penelitian

Langkah pembuatan biodiesel terdapat pada diagram alir pembuatan diesel berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

1. Proses Despicing

Minyak jelantah 500 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan air 500 mL. Setelah itu dipanaskan hingga volume air tersisa setengah. Selanjutnya endapan dipisahkan dengan kertas saring (Endang dkk., 2012).

2. Proses Netralisasi

Hasil despicing dipanaskan sampai suhu 35°C kemudian dituangkan larutan NaOH 16% dengan komposisi 4 mL setiap 100 mL minyak. Kemudian larutan diaduk selama 10 menit pada suhu 40°C. Larutan didinginkan dan disaring (Endang dkk., 2012).

3. Proses Bleaching

Larutan hasil netralisasi dipanaskan kembali dengan suhu 70°C dan dimasukkan kulit pisang yang telah diblender. Campuran kemudian diaduk selama 1 jam. Setelah itu dipanaskan kembali sampai suhu 100°C kemudian disaring dengan kertas saring (Endang dkk., 2012).

4. Proses Esterifikasi

200 mL larutan hasil esterifikasi dituangkan dalam labu leher tiga dan dimasukan *magnetic stirrer*. Selanjutnya, labu leher tiga dihubungkan dengan kondensor, kemudian diletakkan di atas *hot plate* dengan suhu 50-60°C. Metanol sebanyak 20 mL dan asam sulfat sebanyak 1 mL dicampur dan diaduk rata. Setelah suhu tercapai, campuran metanol dan asam sulfat ditambahkan dan ditutup rapat. Setelah 1 jam, hasil reaksi dimasukan ke dalam corong pisah dan didiamkan 1 jam. Akan terlihat dua lapisan dalam larutan, lapisan bawah produk air dan lapisan atas campuran metil ester. Minyak hasil esterifikasi yang digunakan dalam proses transesterifikasi (Arita dkk., 2008).

5. Proses Transesterifikasi

Seperti proses esterifikasi, larutan hasil reaksi dimasukkan ke dalam labu leher tiga bersamaan dengan *magnetic stirrer* dan dihubungkan dengan kondensor. Kemudian dipanaskan di atas *hot plate* hingga suhu 50-60°C. Selanjutnya, 20 mL metanol dan 2 mL NaOH dicampur. Campuran metanol dan NaOH ditambahkan dan ditutup rapat selama 1 jam. Setelah itu, hasil reaksi dimasukkan dalam corong pisah dan didiamkan 1 jam hingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan metil ester dan gliserol dipisahkan ke wadah tersendiri masing-masing (Arita dkk., 2008).

6. Proses Pencucian

Aquadest dipanaskan hingga 60 °C kemudian dituangkan bersama larutan hasil proses transesterifikasi ke dalam corong pisah. Selanjutnya larutan akan dikocok hingga homogen dan dibiarkan hingga terbentuk dua lapisan. Larutan akan dipisahkan, lapisan bawah adalah aquadest dan lapisan atas adalah solar dari minyak jelantah (Arita dkk., 2008).

7. Proses Analisis

Dalam proses ini dilakukan proses identifikasi secara kuantitatif solar dari minyak jelantah dan solar dari fosil. Untuk pengukuran laju pembakaran dan energi yang dilepaskan akan dilakukan dalam langkah-langkah berikut:

- a. Timbang air, lalu masukkan ke dalam gelas ukur. Ukur dan catat suhunya.
- b. Setelah itu, timbang massa spiritus dan masukkan biodiesel ke dalam pembakar spiritus.
- c. Nyalakan spiritus yang berisi biodiesel dan panaskan air sambil diaduk, disaat yang sama nyalakan stopwatch untuk mengukur waktu pembakaran.
- d. Hentikan pembakaran dan stopwatch saat suhunya mencapai 40 °C.
- e. Ukur dan catatlah suhu akhir dari air dan lama waktu pembakaran.
- f. Timbang kembali sisa biodiesel yang telah digunakan.
- g. Lakukan lagi percobaan yang sama, dengan biodiesel yang diganti dengan solar, catatlah hasil pengamatan tersebut untuk dibandingkan.

Berdasarkan langkah tersebut, indikator laju pembakaran akan diukur menggunakan data lama waktu pembakaran yang dibutuhkan kedua solar untuk mencapai suhu 40 derajat celcius yang telah diukur menggunakan stopwatch. Sedangkan untuk indikator energi yang dilepaskan akan diukur dengan membandingkan besar energi kalor (Q) solar fosil dan biodiesel yang didapat melalui rumus $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ sesuai hasil pengamatan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Energi Yang Dilepaskan Biodiesel dan Solar dari Fosil

Nilai kalor yang dihasilkan biodiesel dan solar diukur dengan rumus $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ dan $Q_{\text{serap}} = Q_{\text{lepas}}$ dengan menggunakan data hasil penelitian sebagai berikut :

a. Solar dari fosil

No	PENELITIAN	PENGUKURAN AWAL	PENGUKURAN AKHIR
1.	Massa air	100 gram	99,89 gram
2.	Massa solar fosil	60 gram	55,43 gram
3.	Suhu air	27°C	40°C

Tabel 4.1 Hasil penelitian Solar fosil

b. Biodiesel

No	PENELITIAN	PENGUKURAN AWAL	PENGUKURAN AKHIR
1.	Massa air	100 gram	99,92 gram
2.	Massa biodiesel	60 gram	55,26 gram
3.	Suhu air	27°C	40°C

Tabel 4.2 Hasil penelitian Biodiesel

Dari data hasil penelitian yang telah diperoleh, dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

a. Biodiesel

1.) Dengan menggunakan aturan Asas Black yang berbunyi :

“ Pada pencampuran dua zat, banyaknya kalor yang dilepaskan zat yang suhunya lebih tinggi itu sama dengan banyaknya kalor yang diterima zat yang memiliki suhu yang lebih rendah”

Dengan rumus :

$$Q_{\text{serap}} = Q_{\text{lepas}}$$

Maka didapatkan,

$$Q_{\text{biodiesel}} = Q_{\text{air}} \text{ yang dibakar dengan biodiesel}$$

2.) Dengan menggunakan rumus termodinamika

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= M_{\text{air}} \times c \times \Delta T \\ &= 100 \times 4,2 \text{ J/gram}^{\circ}\text{C} \times (40 - 27)^{\circ}\text{C} \\ &= 5.460 \text{ Joule} \\ &= 5,460 \text{ KJ} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{air}} = Q_{\text{biodiesel}} = 5,460 \text{ KJ}$$

3.) Mr dari biodiesel $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$

$$\begin{aligned} \text{Mr } \text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2 &= (18 \times 12) + (34 \times 1) + (2 \times 16) \\ &= 282 \end{aligned}$$

4.) Harga ΔH (Entalpi reaksi) biodiesel tiap mol

$$\begin{aligned} \frac{Q_{\text{Biodiesel}}}{\text{Mol Biodiesel}} &= \frac{Q_{\text{Biodiesel}}}{(\Delta \text{Massa biodiesel})/\text{Mr Biodiesel}} \\ &= \frac{5,460}{(60-55,26)\text{gram}/282} \\ &= \frac{5,460}{0,0168} \\ &= 325 \text{ KJ/mol} \end{aligned}$$

b. Solar dari fosil

Dengan menggunakan aturan asas black diperoleh :

$$\mathbf{Q_{solar\ fosil} = Q_{air\ yang\ dibakar\ dengan\ solar\ fosil}}$$

1.) Dengan menggunakan rumus termodinamika

$$\begin{aligned} Q_{air} &= M_{air} \times c \times \Delta T \\ &= 100 \times 4,2 \text{ J/gram}^\circ\text{C} \times (40 - 27)^\circ\text{C} \\ &= 5.460 \text{ Joule} \\ &= 5,460 \text{ KJ} \end{aligned}$$

$$Q_{air} = Q_{Solar} = 5,460 \text{ KJ}$$

$$\begin{aligned} 2.) \text{ Mr Solar (C}_{20}\text{H}_{42}) &= 20 \times 12 + 1 \times 42 \\ &= 240 + 42 \\ &= 282 \end{aligned}$$

3.) Harga ΔH (Entalpi reaksi) solar dari fosil tiap mol

$$\begin{aligned} \frac{Q_{Solar}}{Mol\ Solar} &= \frac{Q_{Solar}}{(\Delta Massa\ Solar)/Mr\ Solar} \\ &= \frac{5,460}{(60-55.43) \text{ gram} / 282} \\ &= \frac{5,460}{0,0162} \\ &= 337,037 \text{ KJ/mol} \end{aligned}$$

4.1.2 Laju Pembakaran Biodiesel dan Solar dari Fosil

Laju pembakaran biodiesel dan solar diukur dengan menghitung waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air hingga mencapai suhu 40°C.

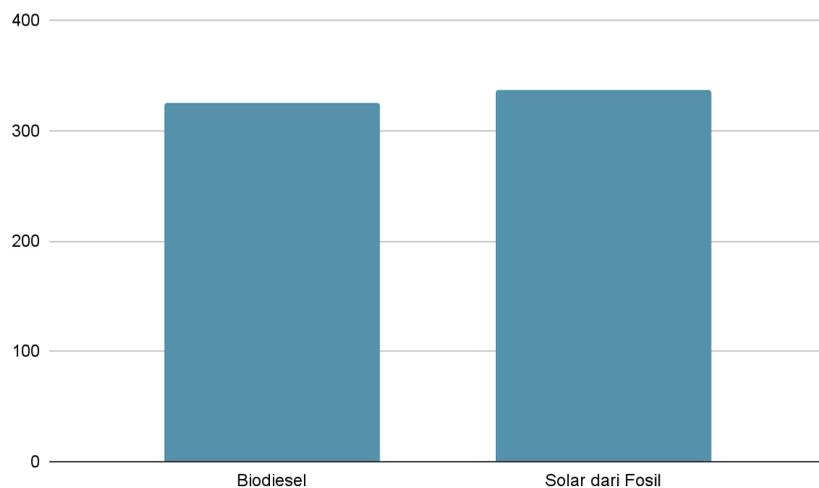
Dalam percobaan ini, suhu awal air adalah 27°C dengan tujuan akhir suhu 40°C.

Biodiesel	Solar dari Fosil
9 menit 15 detik	6 menit 57 detik

Tabel 4.3 Perbedaan laju pembakaran biodiesel dan solar dari fosil

4.2 Pembahasan

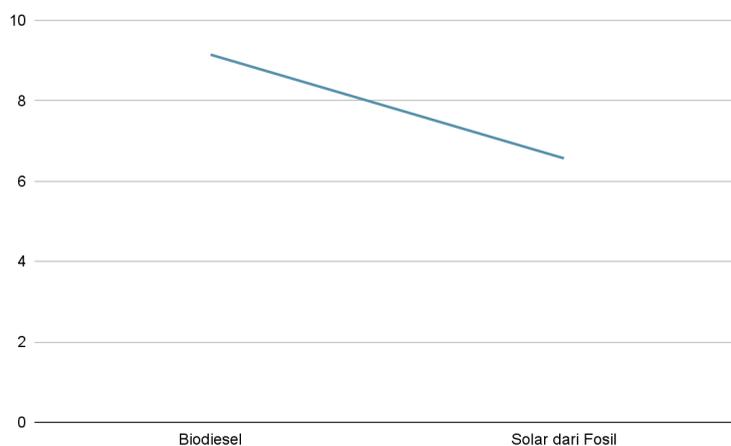
4.2.1 Energi yang dilepaskan Biodiesel dan Solar dari Fosil



Gambar 4.1 Perbandingan energi yang dilepaskan biodiesel dan solar dari fosil

Berdasarkan hasil data yang telah diterima, dapat dilihat bahwa energi yang dilepaskan solar dari fosil per mol nya lebih besar dari energi yang dilepaskan biodiesel per mol. Dengan suhu awal yang sama, yaitu 27°C dan suhu akhir yang sama yaitu 40°C , solar fosil melepaskan nilai kalor per tiap molnya dalam jumlah yang lebih besar, yaitu sebesar $337,037 \text{ KJ/mol}$ dibandingkan dengan besar nilai kalor yang dilepaskan per tiap mol biodiesel, yaitu sebesar 325 KJ/mol . Hal ini menunjukkan solar fosil meminimalkan energi yang digunakan tetapi memaksimalkan efisiensi pembakarannya. Dari hasil yang didapatkan, kita dapat menyimpulkan bahwa bahan bakar solar dari fosil memiliki efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel.

4.2.2 Laju Pembakaran



Gambar 4.2 Perbedaan laju pembakaran biodiesel dan solar dari fosil

Berdasarkan grafik tersebut, dapat dinyatakan bahwa solar dari fosil memiliki laju pembakaran yang lebih cepat daripada laju pembakaran milik solar dari minyak jelantah. Dengan selisih waktu 3 menit 18 detik ketika memanaskan air ke suhu 40 derajat celcius.

Laju pembakaran adalah kecepatan penyurutan bidang permukaan sesuatu yang dibakar, maka cepat laju pembakaran akan menyatakan seberapa cepat pembakar tersebut membakar. Pembakaran yang lama, akan menandakan bahwa pembakaran bahan bakar yang terjadi tidak terjadi secara sempurna sehingga mengganggu proses pembakaran. Dari hasil penelitian ini, Solar dari fosil memiliki proses pembakaran yang lebih sempurna dibandingkan pembakaran oleh solar dari minyak jelantah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah kami lakukan, dapat disimpulkan bahwa :

5.1.1 Perbandingan Efektivitas Dalam Aspek Energi Kalor

Dilihat dari banyaknya energi yang dilepaskan, besarnya energi kalor yang dilepaskan solar dari fosil per tiap molnya untuk mencapai suhu 40°C yaitu sebesar 337,037 KJ/mol lebih besar dibandingkan dengan besarnya energi kalor yang dilepaskan solar dari minyak jelantah untuk mencapai suhu 40°C yaitu sebesar 325 KJ/mol, sehingga kualitas pembakaran solar dari fosil dalam hal jumlah energi yang dilepaskan lebih efisien dibandingkan solar dari minyak jelantah.

5.1.2 Perbandingan Efektivitas Dalam Aspek Laju Pembakaran

Dilihat dari faktor durasi pembakaran, solar dari fosil lebih mudah terbakar dengan lama waktu pembakaran 6 menit 57 detik dibandingkan dengan solar dari minyak jelantah dengan lama waktu pembakaran 9 menit 15 detik, sehingga kualitas pembakaran solar dari fosil dalam hal durasi pembakaran lebih baik dibandingkan solar dari minyak jelantah.

Dari kedua percobaan pengujian efektivitas pembakaran antara solar dari fosil dengan solar dari minyak jelantah, didapatkan bahwa solar dari fosil memiliki efektivitas pembakaran yang lebih besar daripada solar dari minyak jelantah.

5.2 Saran

Untuk memperoleh penjelasan yang lebih mendalam dalam mengetahui faktor pengaruh efektivitas bahan bakar, pada penelitian selanjutnya sebaiknya:

- a. Perlu dilakukan kegiatan sejenis dengan peralatan khusus seperti, octane-im, kromatografi agar data yang didapatkan dalam penelitian lebih mendalam.
- b. Perlu dilakukan kegiatan pengaplikasian antara kedua bahan bakar terhadap mesin untuk mengetahui efektivitas kinerja keduanya secara langsung

DAFTAR PUSTAKA

- Bardella, N., Facchin, M., Fabris, E., Baldan, M., & Beghetto, V. (2024, Maret 24). *Waste Cooking Oil as Eco-Friendly Rejuvenator for Reclaimed Asphalt Pavement*. *Materials*. 10.3390/ma17071477
- Basjir, M., & Marlina, E. (2020, Juli). LAPORAN AKHIR HIBAH KLUSTERISASI PENELITIAN. *PENGARUH GEOMETRI ASAM LEMAK PADA MINYAK SAWIT TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DROPLET*. Retrieved Desember 1, 2024, from <https://ft.unisma.ac.id/wp-content/uploads/2020/07/HIMA-2019.pdf>
- Inayati, N. I., & Dhanti, K. R. (2021). pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan dasar pembuatan lilin aromaterapi seba. *Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Bahan Dasar Pembuatan Lilin Aromaterapi sebagai Alternatif Tambahan Penghasilan pada Anggota Aisyiyah Desa Kebanggan Kec Sumbang, 03(01)*. 10.29040/budimas.v3i1.2217
- KEMENDIKBUD. (n.d.). *KBBI* [daring]. KBBI. Retrieved November 28, 2024, from <https://kbbi.web.id/jelantah>
- Kuo, G. (2019, Mei 23). *When Fossil Fuels Run Out, What Then?* MAHB. Retrieved November 28, 2024, from <https://mahb.stanford.edu/library-item/fossil-fuels-run/>
- Rangkuman materi pembahasan tentang teori teori dasar alkana dan pendalaman materinya. (2020). *Teori Dasar Alkana*. Retrieved December 1, 2024, from <https://www.studocu.com/id/document/universitas-sriwijaya/kimia-organik/teori-dasar-alkana/21006211>

- Rangkuman materi pembahasan tentang teori teori dasar alkana dan pendalaman materinya. (2020). *Teori Dasar Alkana*. Retrieved December 1, 2024, from <https://www.studocu.com/id/document/universitas-sriwijaya/kimia-organik/teori-dasar-alkana/21006211>
- Septyanti, G. (2018, Desember 14). *Biodiesel Minyak Jelantah Dengan Proses Dua Tahap Esterifikasi Metanol Superkritis Kapasitas*. Retrieved November 29, 2024, from <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/13286>
- Statista Research Department. (2024, October 15). *Global oil consumption 2023*. Statista. Retrieved November 28, 2024, from <https://www.statista.com/statistics/265239/global-oil-consumption-in-barrels-per-day/>
- Anugrah, I. R. (2021, November 29). *MODUL PERKULIAHAN KIMIA ORGANIK*. UIN Siber Syekh Nurjati Cirebon. Retrieved December 1, 2024, from <http://repository.syekhnurjati.ac.id/id/eprint/5904>
- VALENTINO, B. A. (2020, Juli 24). *PENGARUH PANJANG RANTAI ATOM KARBON DAN JUMLAH IKATAN RANGKAP TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DROPLET FATTY ACID METHYL ESTER*. repository.ub.ac.id. Retrieved Desember 1, 2024, from <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/183039>
- Wenten, I. G., & Nasution, M. H. (2010, September 07). *REVIEW PROSES PRODUKSI BIODIESEL DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN REAKTOR*. <http://eprints.undip.ac.id/>. Retrieved December 1, 2024, from <http://eprints.undip.ac.id/22040/1/A-19.pdf>

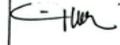
- Puspitasari, K., Rohman, F., & Nadliroh, K. (2020, December 17). Analisa Perbandingan Penggunaan Biosolar, Minyak Jelantah, dan Oli Bekas terhadap Kecepatan Peningkatan Suhu Api. *ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR ANTARA BIOSOLAR, MINYAK JELANTAH, DAN OLI BEKAS TERHADAP KECEPATAN PENINGKATAN SUHU API*, 04(01). Retrieved December 1, 2024, from <https://repository.unpkediri.ac.id/>. <https://doi.org/10.29407/inotek.v4i1.190>
- Ahmad, H. S., Bialangi, N., & Salimi, Y. K. (2015, Agustus 15). *Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel*. Retrieved December 1, 2024, from <https://www.neliti.com/id/publications/277643/pengolahan-minyak-jelantah-menjadi-biodiesel>
- Purba, M., Sarwiyati, E. (2017) *Kimia untuk Kelompok Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam Untuk SMA/MA kelas XI*. Jakarta: Erlangga, 2017

Lampiran 1. Lembar Monitoring Ujian Praktek

**FORM KONSULTASI PEMBUATAN KARYA TULIS
SMA KATOLIK ST. LOUIS 1 SURABAYA**

Judul Penelitian : Perbandingan Efektivitas Pembakaran Solar dari Minyak Jelantah dengan Solar dari Fosil
 Pembimbing 1 : Dra. Maria Niciati, MM
 Pembimbing 2 :
 Penyusun : XII MIPA - 4 / Kelompok 8..

Nama	No. Absen	Nama	No. Absen
1. Belandira K.R. Ratuado	03	4. Katerina Venny M.	23
2. Carolus C. Angkokusumo	08	5. Nicholas Alucard C.	29
3. Calvin Jose A.	07	6. Tiffany Riyantu	24

No.	Hari, Tanggal	Kegiatan Konsultasi	Tanda Tangan
1	8 November 2024	Judul dan Tema	
2	12 November 2024	Pemantapan isi	
3	30 November 2024	konsultasi Proposal	
4			
5			
6			

Lampiran 2. Proses Pembuatan Biodiesel





Lampiran 3. Uji perbandingan biodiesel dan solar

