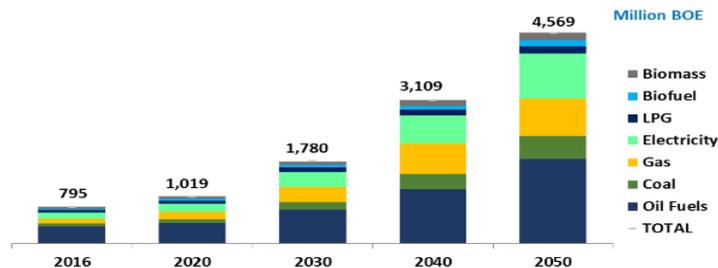


BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Konsumsi energi di Indonesia pada tahun 2016 didominasi oleh bahan bakar minyak sebesar 47 %. Pada tahun 2012 pangsa terbesar penggunaan energi antara lain yaitu sektor industri (34,8%) diikuti oleh sektor rumah tangga sebesar (30,7), transportasi (28,8%), komersial (3,3%), dan lainnya (Kholiq, 2015). Di sisi lain Indonesia menjadi importir bahan bakar minyak sejak tahun 2004 (Arwizet, 2017). Sepertiga kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia dipenuhi dengan bahan bakar minyak impor. Jika pemakaian energi tidak ada perubahan dan terus terjadi peningkatan maka keberlangsungan dan ketahanan energi di Indonesia akan terganggu, khususnya di sektor transportasi. Selain itu komitmen penurunan emisi gas rumah kaca Indonesia sebesar 29% atau 314 juta ton CO² (unconditional) dan sebesar 41% atau 398 juta ton CO² (conditional) pada tahun 2030 akan sulit tercapai (Dasril, 2020). Gambar kebutuhan energi di Indonesia dapat dilihat pada gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Kebutuhan energi per jenisnya di Indonesia

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebagai bahan bakar pengganti solar yang diketahui memiliki turunan senyawa ester asam lemak (Oko dan Irmawati, 2018). Biodiesel dihasilkan melalui proses transesterifikasi minyak nabati dan hewani dengan etanol dan katalis. Namun apabila FFA (*Free Fatty Acid*) lebih dari 2% maka dilakukan proses esterifikasi sebanyak 2 kali, seperti minyak kesambi yang memiliki FFA sebesar 22,012% (Syarif dkk., 2016).

2.3 Tanaman Kesambi

Di Indonesia, pohon kesambi merupakan tanaman hutan yang banyak tumbuh di Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Maluku, Sulawesi, Pulau Seram, dan Pulau Kai (Arifin & Rachman, 2020). Kesambi mempunyai unsur fitokimia yang sangat penting yaitu terpenoid, flavonoid, fenolic acid, botulin, botulin acid, dan sebagainya sehingga bermanfaat sangat besar dalam proses antimicroba, antioksidan, antikanker, dan dapat digunakan untuk produksi biodiesel (Hanifah & Kiptiyah, 2020). Bentuk fisik biji kesambi dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2. Biji Kesambi

Minyak kesambi dilakukan uji karakteristik tahap awal yang meliputi analisis minyak kesambi sebelum *pre-treatment*, *degumming*, analisis minyak kesambi setelah *degumming*, penurunan FFA (*Free Fatty Acid*) dan analisis minyak kesambi setelah dilakukan penurunan FFA. Setelah melalui tahap tersebut, tahap selanjutnya yakni proses transesterifikasi minyak kesambi. Data menurut (N. Asri, 2021) dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1. Pengujian karakteristik biodiesel

Parameter Uji	Sebelum <i>pre-Treatment</i>	Setelah <i>degumming</i>	Setelah Penurunan FFA
<i>FFA as Linolelaidic</i> (% w/w)	9,26	0,09	0,07
<i>Density</i> (gr/ml)	0,907338	0,9146	0,88012
<i>Iodine Valve</i> (gr I ² / 100 gr)	77,50	70,87	79,01
<i>Moisture Content</i> (% w/w)	0,001	0,12	0,01
<i>Viskositas</i> (cSt)	2,14	2,21	2,25

2.4 Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Terbarukan

Sebagai energi terbarukan biodiesel dapat terdiri dari mono alkil ester yang terdapat dari sumber hayati sebagai energi terbarukan pengganti solar. Biodiesel mengacu pada campuran 100% biodiesel (B100). Media pembuatan biodiesel memiliki ketergantungan tersendiri terhadap bahan baku minyak yang digunakan, karena pembuatan biodiesel berhubungan langsung dengan struktur kimia seperti jumlah atom yang terkandung pada bahan baku, jumlah ikatan rangkap pada ikatan hidrokarbon.

Biodiesel berpotensi besar sebagai pengganti produk petroleum karena biodiesel memiliki kandungan sulfur dan senyawa aromatik rendah. Terdapat berbagai manfaat dalam penggunaan biodiesel menurut (Panjaitan & Asrim, 2017) yaitu:

1. (B100) biodiesel terdapat pada sumber domestik dan dapat diperbarui.
2. (B100) Biodiesel lebih efisien. Tingkat efisiensi energi total pada biodiesel mencapai 320% dan potretroleum diesel memperoleh nilai sebesar 80%.
3. (B100) biodiesel dapat digunakan secara langsung pada mesin diesel tanpa memodifikasi bagian mesin.
4. Dalam menggunakan (B100) biodiesel dapat mengurangi emisi gas buang sebesar (-41%) dan mengurangi global warning.
5. Biodiesel dengan komposisi (B100) memiliki sifat *biodegradable* dan non toxid.
6. Biodiesel (B100) memiliki *solvent* yang cukup baik sehingga dapat membuat sedimen dalam tangki dan membersihkan ruang bakar pada mesin.

Sebagai bahan bakar terbarukan biodiesel sendiri memiliki nilai viskositas dan densitas yang tidak jauh berbeda pada solar. Berikut ini merupakan beberapa nilai kelayakan pada biodiesel yang dihasilkan dapat dilakukan perbandingan dengan standart SNI yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Standart Biodiesel Berdasarkan SNI 04-7182-2012

Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan
Massa jenis pada 40°C	Kg/m ³	850 – 890
Viskositas kinematic pada 40°C	Nm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
Angka setana	Min	51
Titik nyala	°C min	100
Titik kabut	°C maks	18
Temperature destilasi 90%	°C maks	360
Abu tersulfaktan	%-massa, maks	0,02
Belerang	Mg/Kg, maks	100
Fosfor	Mg/Kg, maks	10
Angka asam	Mg-KOH/g maks	0,6
Gliserol bebas	%-massa	0,02
Gliserol total	%-massa	0,24
Kadar etil ester	%-massa, main	96,5

2.5 Proses Pembuatan Biodiesel

pembuatan biodiesel sendiri memiliki beberapa tahapan diantaranya tahap proses pengepresan, esterifikasi, transesterifikasi, dan pemurnian biodiesel. Langkah pertama adalah sebagai berikut:

2.5.1 Proses Pengepresan (*Pressing Process*)

Pengepresan merupakan salah satu proses ekstraksi antara minyak atau lemak dengan ampas hasil pengepresan, perlakuan ini dapat dilakukan dari bahan yang memiliki kandungan minyak nabati yang berasal dari biji – bijian (Mautuka, 2016). Alat pres yang digunakan dalam proses pengepresan dapat dibuat menggunakan bor tangan, mesin las, gerinda tangan, dan alat bantu lainnya (Pranidhana, 2019). Tujuan dari proses pengepresan untuk mendapatkan minyak nabati yang terkandung pada biji – bijian dengan menggunakan hidraulik (*hydraulic pressing*). Dalam proses pengepresan, biji – bijian dimasukkan kedalam tabung pres yang telah dilubangi pada bagian samping tabung agar minyak tidak keluar dari bagian atas tabung dengan tujuan memaksimalkan

pengepresan, penampang pres dan bagian samping tabung diperlukan untuk mempermudah ekstraksi (Suwijiyono Pramono, Yopa Eka, 2010). Untuk menghasilkan minyak nabati pengepresan dilakukan dengan menggunakan tekanan yang besar dari hidroulik sehingga minyak yang didapat semakin mudah dikeluarkan (Trisnawan, 2016).

2.5.2 Proses *Degumming*

Proses *degumming* merupakan proses dengan tujuan untuk memisahkan antara minyak dengan getah atau kotoran yang terdapat pada minyak, karena tidak dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel. Langkah awal dari proses *degumming* yaitu minyak ditimbang dengan menggunakan timbangan digital untuk mengetahui berat massa minyak kemudian lakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dan dilakukan pemanasan dengan suhu 60°C selanjutnya ditambahkan dengan asam fosfat (H_3PO_4) sebanyak 0,01% dari massa minyak, dengan suhu minyak ditahan selama 60 menit. Selanjutnya minyak dimasukkan kedalam tabung gelas pemisah, diamkan minyak sampai getah dan kotoran mengendap (Kharis dkk., 2019). Lakukan proses pemisahan untuk menghasilkan minyak yang murni dari proses *degumming*.

2.5.3 Proses Esterifikasi

Esterifikasi merupakan proses menurunkan asam lemak bebas untuk membentuk ester. Sebelum proses esterifikasi dilakukan analisis bilangan asamnya, apabila bilangan asamnya kurang dari 2 mg KOH/g dapat dilanjutkan ke proses transesterifikasi, dan apabila bilangan asam minyak di atas 2 mg KOH/g harus melalui proses esterifikasi. Proses esterifikasi dapat dilakukan apabila asam yang ada pada minyak diatas 2 mg KOH/g dengan cara mengaduk minyak menggunakan *magnetic stirrer* lalu dipanaskan pada suhu 60°C selanjutnya masukkan katalis metanol dan H_2SO_4 sebesar 0,01% dari massa minyak. Proses pemanasan ditahan pada suhu 50 - 60°C selama 60 menit. Setelah mencapai batas waktu yang ditentukan, diamkan minyak selama 3 jam kemudian lakukan pemisahan antara minyak dan katalis metanol asam sisa reaksi (Hendra, 2014). Standart biodiesel menggunakan densitas (g/cm^3) Pengujian densitas biodiesel

berdasarkan standar ASTM D1298. Densitas adalah massa volume material pada suhu yang ditetapkan. Densitas memiliki dimensi gram per sentimeter kubik.

2.5.4 Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan proses reaksi antara trigleserida dan metanol dengan menambahkan katalis untuk membantu *mono-ester* (biodiesel) (Brennan & Owende, 2010). Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan dengan cara memanaskan minyak pada suhu 70°C selama 2,5 jam, diperoleh campuran produk yang berbentuk 2 lapisan. Lapisan bawah dapat berupa gliserol, untuk memisahkan sisa – sisa katalis dari metil ester, selanjutnya dilakukan filtrasi. Setelah itu lapisan metil ester dicuci dengan menggunakan aquadest dengan suhu 80°C untuk menghilangkan sisa – sisa gliserol dan metanol sampai pH 7.

2.5.5 Proses Pemurnian

Proses pemurnian merupakan proses pencucian biodiesel dengan menamahkan sejumlah air dengan suhu 100 °C langkah tersebut dilakukan untuk mendapatkan biodiesel murni. Apabila tahap pertama pencucian masih terdapat gliserol lakukan pencucian ulang sampai biodiesel murni didapatkan lalu didiamkan selama 24 jam.

2.6 Pembakaran

Pembakaran merupakan mekanisme energi kimia dalam bahan bakar yang berubah menjadi energi panas. Proses pembakaran membutuhkan dua reaktan yaitu bahan bakar dan oksidator. Ikatan kimia dari reaktan akan tersusun kembali yang menghasilkan campuran yang lain yang disebut produk. Reaksi tersebut berlangsung pada api. Namun, secara umum, pembakaran bukan hanya reaksi kimia, tetapi interaksi aliran fluida, panas, dan perpindahan massa dengan reaksi kimia.

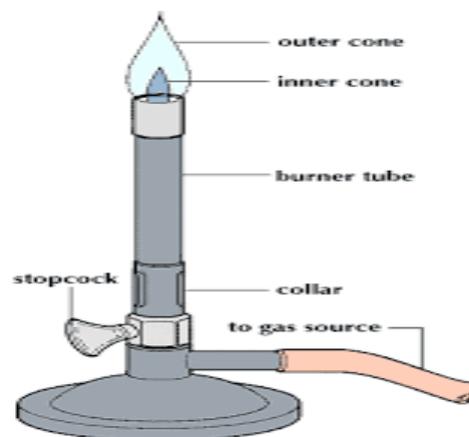
2.6.1 Pembakaran Laminer

Kecepatan api laminer adalah parameter utama yang digunakan untuk desain dan optimasi mesin pembakaran dalam, turbin gas, dan perangkat pembakaran lain yang beroperasi pada nyala api premixed. Kecepatan nyala api laminer adalah salah satu parameter yang penting dari bahan bakar karena berisi

informasi dasar tentang reaktivitas, difusivitas dan eksotermisitas campuran bahan bakar dan udara.

2.6.2 Bunsen Burner

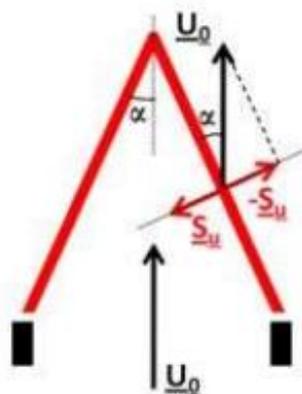
Dalam menentukan kecepatan pembakaran dengan Bunsen burner data dilakukan dengan mengalikan antara sudut api yang terbentuk dengan kecepatan reaktan pada keadaan api stasioner. Gambar 2.3 menunjukkan pembakaran pada *bunsen burner*.



Gambar 2.3 *Bunsen burner*

Untuk mengetahui laju pembakaran laminar persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.1.

Gambar skema perhitungan sudut api pada *bunsen burner* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Skema perhitungan sudut dan tinggi api

$$SL = V \sin \alpha) \dots \dots \dots (2.1)$$

(Prasetyo dkk, 2019)

Keterangan :

- SL = kecepatan api laminar (cm/a)
 V = kecepatan reaktan (sm/s)
 α = setengah dari sudut api *Bunsen burner* (°)

Kecepatan reaktan ditentukan dengan menambahkan debit bahan bakar dan udara dan dibagi dengan luas penampakan pipa Bunsen burner. Persamaan 2.2 menunjukkan persamaan kecepatan reaktan pada Bunsen burner.

$$V = \frac{Q \text{ bahan bakar} + Q \text{ udara}}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

- Q bahan bakar = laju aliran bahan bakar (cm³/s)
 Q udara = laju aliran udara (cm³/s)
 A = luas penampang *burner* (cm²)

2.7 Api

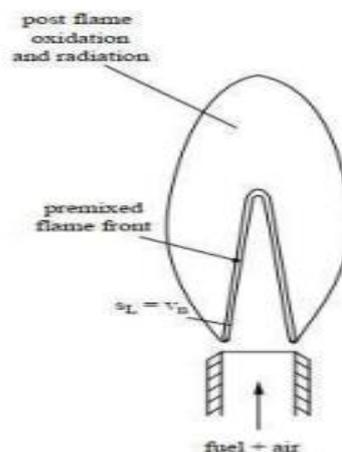
Api adalah penampakan pembakaran. Secara aliran, nyala api bisa terjadi laminar maupun turbulen dan secara pencampurannya, nyala api dapat dikategorikan menjadi dua yaitu api premixed dan api difusi. Dalam proses pembakaran, bahan bakar dan udara bercampur dan terbakar dan pembakarannya dapat terjadi baik dalam mode nyala api ataupun tanpa mode nyala api. Warna api dipengaruhi oleh dua hal yaitu kandungan bahan bakar dan campuran udara yang terbakar.

Jika warna api lebih merah, kemungkinan bahan bakar memiliki nilai kalor yang relative rendah atau campuran udara dan bahan bakar kaya dengan sedikit udara (Apridayani, 2017). Apabila api berwarna kebiruan merupakan kebalikannya yang menunjukkan nilai kalor yang tinggi atau campuran bahan bakar yang tidak memadai (Djafar & Darise, 2018).

Radiasi biru disebabkan oleh eksitasi radikal CH pada kisaran suhu tinggi. Saat udara berkurang menyebabkan stoikiometrinya berkurang, daerah api akan berwarna biru-hijau yang berasal dari eksitasi C2. Dalam kedua jenis api OH radikal memberikan kontribusi terhadap radiasi yang tampak. Jika campuran api kaya jelaga akan terbentuk akibat radiasi hitam. Meskipun radiasi jelaga memiliki intensitas maksimal dalam infra merah, kepekaan spektrum mata manusia menyebabkan kita melihat cahaya kuning terang (mendekati putih) akibat pudarnya emisi menjadi oranye yang tergantung temperatur api.

2.7.1 Api *Premixed*

Api premixed adalah api yang dihasilkan ketika bahan bakar bercampur dengan oksigen yang telah tercampur sempurna sebelum pemberian sumber api. Umumnya indikasi api premixed dapat dilihat dari warna api yang berwarna biru. Campuran bahan bakar yang kaya maka warna api akan semakin biru (Wahyudi, 2013). Laju pertumbuhan api tergantung dari komposisi kimia bahan bakar yang digunakan. Gambar 2.5 menunjukkan api premixed pada pembakaran.

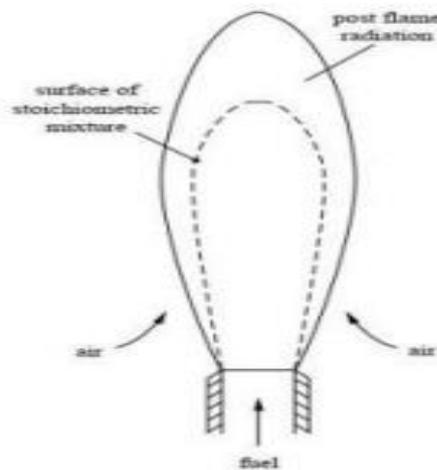


Gambar 2.5 Pembakaran *premixed*

2.7.2 Api Difusi

Api difusi adalah api yang dihasilkan ketika bahan bakar dan oksigen bercampur serta penyalaan dilakukan secara bersamaan. Laju difusi reaktan bisa dipengaruhi oleh energi yang dimiliki oleh bahan bakar. Umumnya pada nyala api difusi pengaruh udara dari luar sebagai oksidator pembakaran berpengaruh pada

nyala api yang dihasilkan. Gambar pembakaran api difusi dapat dilihat pada gambar 2.6 sebagai berikut:



Gambar 2.6 Pembakaran difusi

Pemunculan dari nyala api akan tergantung pada sifat dari bahan bakar dan kecepatan pemancaran bahan bakar terhadap udara sekitarnya. Laju pencampuran bahan bakar dengan udara lebih rendah dari laju reaksi kimia. Nyala api difusi pada suatu pembakaran cenderung mengalami pergerakan nyala lebih lama dan menghasilkan asap lebih banyak daripada nyala premixed. Nyala difusi berupa nyala laminar (laminar flame) atau nyala turbulen (turbulen flame).

2.8 Standart Pengujian Biodiesel

2.8.1 Densitas

Pengujian densitas biodiesel berdasarkan standar ASTM D1298. Densitas adalah massa volume material pada suhu yang ditetapkan. Densitas memiliki dimensi gram per sentimeter kubik.

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Berat bahan bakar pada } 15^{\circ}\text{C (g)}}{\text{volume bahan bakar pada } 15^{\circ}\text{C (cm}^3\text{)}} \dots \dots \dots (2.3)$$

2.8.2 Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida yang mendasari keberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Viskositas kinematik merupakan perbandingan viskositas terhadap kerapatan massa (densitas). Pengujian viskositas

kinematik biodiesel berdasarkan standar ASTM D445. Metode pengujian ini menetapkan prosedur untuk menentukan viskositas kinematik dari produk minyak bumi cair, baik transparan maupun buram, dengan mengukur waktu volume cairan mengalir di bawah gravitasi melalui viskometer kapiler kaca.

2.8.3 Nilai Kalor Pembakaran

Nilai Kalor (calorific value atau heating value) merupakan salah satu parameter penting dalam kualitas bahan bakar. Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (steady). Pengujian nilai kalor pembakaran biodiesel berdasarkan standar ASTM D240. Metode pengujian ini mencakup penentuan 19 panas pembakaran bahan bakar hidrokarbon cair dengan tingkat volatilitas mulai dari distilat cahaya hingga bahan bakar residu. Dalam kondisi normal, metode pengujian ini langsung berlaku untuk bahan bakar seperti gasolin, minyak tanah, bahan bakar diesel dan bahan bakar turbin gas

2.8.4 *Flash point*

Flash point (titik nyala) adalah temperatur dimana fraksi akan menguap dan menimbulkan api bila terkena percikan api dan kemudian mati dengan sendirinya dengan rentan waktu yang cepat. Pengujian flash point biodiesel berdasarkan standar ASTM D 93. Metode pengujian ini mencakup penentuan flash point produk bahan bakar minyak dalam temperatur antara 40 ° C sampai 370 ° C.