

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pisang

Pisang adalah buah terbesar kedua dalam produksi dunia (Akintunde *et al.*, 2015:387–394). Dalam konteks buah pisang, bagian yang umumnya dikonsumsi oleh masyarakat adalah daging buahnya sedangkan kulitnya dibuang menjadi limbah. Sebuah aktivitas industri sudah dipastikan menghasilkan produk dan hasil sampingan berupa limbah. Kulit pisang sebagai produk sampingan dari buah pisang, menghasilkan jumlah limbah yang signifikan sedangkan daun pisang memiliki peran penting dalam budaya Asia Tenggara sebagai pembungkus tradisional untuk hidangan lokal. Bahkan, serat dari batang atau daun dapat diolah menjadi tali, tikar, dan karung (T.K.Lim, 2012). Selain mengandung Fosfor dan Kalium, kulit pisang juga mengandung unsur Magnesium, Sulfur, dan Natrium (Susetya, 2012:102-103). Menurut Okorie *et al.*, (2015:370), kulit pisang merupakan 40% dari total berat buah pisang.

2.1.1 Pisang Kepok

Menurut Suhartono (2011) dalam Anonim (2012), menyebutkan bahwa pisang kepok (*Musa acuminata balbisiana C.*) merupakan produk yang cukup prospektif dalam pengembangan sumber pangan lokal karena pisang dapat tumbuh di sembarang tempat sehingga produksi buahnya selalu tersedia. Ciri khas kulit pisang kepok yaitu berwarna kuning kemerahan dengan bintik-bintik coklat. Kulit pisang memiliki limbah relatif besar atau sekitar $\pm 30\%$ dari buah pisang segar (Zuhal, 2013). Limbah kulit buah pisang kepok mengandung

bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri farmasi, kecantikan, nutrisi, dan energi (Solidum,2011:147-152)

Menurut Okorie dkk, 2015, kulit pisang kepek mengandung beberapa mineral yang dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Komposisi Mineral pada Kulit Pisang Kepok (mg/100g)

Komposisi Mineral	Matang	Mentah
Ca (Kalsium)	6,01 ± 0,27 ^a	11,02 ± 1,44 ^b
Mg (Magnesium)	2,31 ± 0,44 ^b	3,04 ± 0,06 ^b
K (Kalium)	9,83 ± 1,17 ^a	9,89 ± 1,17 ^a
Na (Natrium)	6,09 ± 0,13 ^a	6,18 ± 0,03 ^a
P (Posfor)	0,49 ± 0,01 ^a	0,61 ± 0,01 ^a
Zn (Seng)	1,86 ± 0,23 ^b	0,95 ± 0,07 ^a
Cu (Tembaga)	0,85 ± 0,07 ^a	0,49 ± 0,01 ^a
Pb (Timbal)	0,40 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,03 ^a
Fe (Besi)	215,75 ± 0,57 ^a	215,75 ± 8,13 ^b

2.2 Biodiesel

Biodiesel atau dalam istilah kimia dikenal sebagai *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) merupakan hasil dari reaksi kimia yang melibatkan bahan mentah seperti minyak nabati ataupun lemak hewani dengan alkohol, baik dengan atau tanpa katalis (Abdullah *et al.*, 2017). Proses sintesis biodiesel umumnya dilakukan melalui reaksi transesterifikasi yang sering kali memanfaatkan katalis basa seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH), serta natrium karbonat (Na₂CO₃) atau kalium karbonat (K₂CO₃). Dalam proses transesterifikasi, tidak akan dilanjutkan jika bahan mentah asam lemak bebas (FFA) melebihi 3% bahkan dengan katalis

basa homogen (F.U.M dan Alexandru,2016). Tingginya kadar asam lemak bebas (FFA) dapat mengganggu proses reaksi transesterifikasi akibat adanya reaksi penyabunan antara katalis dan asam lemak bebas (FFA) dengan hasil akhir mengurangi nilai *yield* biodiesel (Gnanaprakasam *et al.*,2013).

Dalam pembuatan biodiesel, terdapat dua pendekatan reaksi yaitu dengan bantuan katalis (katalitik) atau tanpa bantuan katalis (non katalitik). Metode tanpa bantuan katalis memerlukan kondisi suhu dan tekanan yang tinggi, sehingga perlu perlakuan yang lebih dan peralatan yang berbahan khusus. Biodiesel merupakan produk berbasis minyak nabati yang dapat diperbaharui. Untuk menjaga kualitas dan keamanan, biodiesel harus memenuhi syarat baku mutu. Persyaratan mutu biodiesel telah diatur oleh standar SNI 7182-2019 seperti yang diperincikan pada Tabel 2.2 (BPPT, 2020). Keberhasilan pembuatan biodiesel dapat diukur melalui pemenuhan parameter-parameter standar dalam SNI 7182-2019 seperti tertera pada Tabel 2.2. Fakta bahwa biodiesel ini memenuhi semua persyaratan tersebut menunjukkan bahwa produksinya tidak hanya menggunakan bahan mentah berkualitas, tetapi juga melibatkan proses pengolahan yang tepat dan efisien.

Tabel 2.2 Standar Kualitas Biodiesel Menurut SNI 189-7182-2019
Dirjen EBTKE

NO	PARAMETER UJI	METODE UJI	PERSYARATAN	SATUAN min/ max
1	Massa jenis pada 40 °C	SNI 7182:2019	850-890	kg/m ³
2	Viskositas Kinematik pada 40 °C	SNI 7182:2019	2,3-6,0	mm ² /s (cSt)
3	Angka setana	SNI 7182:2019	51	min

NO	PARAMETER UJI	METODE UJI	PERSYARATAN	SATUAN min/ max
4	Titik nyala (mangkok Tertutup)	SNI 7182:2019	130	⁰ C, Min
5	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)	SNI 7182:2019	Nomor 1	
6	Residu karbon contoh asli atau 10 % ampas distilasi	SNI 7182:2019	0,05 0,3	%-massa, maks
7	Temperatur distilasi 90 °C	SNI 7182:2019	360	⁰ C, maks
8	Abu tersulfatkan	SNI 7182:2019	0,02	%-massa, maks
9	Belerang	SNI 7182:2019	10	mg/kg, maks
10	Fosfor	SNI 7182:2019	4	mg/kg, maks
11	Angka asam	SNI 7182:2019	0,4	mg-KOH/g, maks
12	Gliserol bebas	SNI 7182:2019	0,02	%-massa, maks
13	Gliserol total	SNI 7182:2019	0,24	%-massa, maks
14	Kadar ester metil	SNI 7182:2019	96,5	%-massa, min
15	Angka iodium	SNI 7182:2019	115	%-massa, maks
16	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode Rancimat atau	SNI 7182:2019	600	menit

NO	PARAMETER UJI	METODE UJI	PERSYARATAN	SATUAN min/ max
	Periode induksi metode Petro oksidasi	SNI 7182:2019	45	menit
17	Monogliserida	SNI 7182:2019	0,55	%-massa, maks
18	Warna	ASTM D-1500	3	maks
19	Kadar air	ASTM D-6304	350	ppm, maks
20	CFPP (Cold Filter Plugging Point)	ASTM D-6371	15	⁰ C, maks
21	Logam I (Na + K)	EN 14108/ 14109, EN 14538	5	mg/kg, maks
22	Logam II (Ca + Mg)	EN 14538	5	mg/kg, maks
23	Total kontaminan	ASTM D 2276 ASTM D 5452 ASTM D 6217	20	mg/liter, maks

Sumber: BPPT, 2020

2.3 Minyak Jelantah

Minyak goreng adalah suatu bahan pangan dengan komposisi utama trigliserida yang diperoleh dari sumber bahan nabati melainkan minyak kelapa sawit, dengan atau tanpa perubahan kimiawi seperti hidrogenasi dan pendinginan serta sudah melewati tahap rafinasi atau pemurnian sebelum digunakan dalam proses penggorengan (Standar Nasional Indonesia, 2013). Minyak goreng yang telah mengalami pemanasan berulang kali (minimal 3 kali pakai) dikenal sebagai minyak jelantah atau minyak goreng bekas. Penggunaan ulang minyak jelantah dalam proses penggorengan pada suhu tinggi dapat menginduksi perubahan baik secara fisik seperti adanya perubahan

warna dari bening menjadi berwarna gelap dan secara kimia seperti reaksi hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi termal (Wahab *et al.*, 2011).

Proses konversi minyak jelantah menjadi biodiesel dapat dilakukan melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yang memerlukan bantuan katalis untuk mempercepat kecepatan reaksi (Maulana, 2011: 73-78). Minyak goreng bekas mempunyai asam lemak bebas (FFA) lebih tinggi dibandingkan minyak goreng segar. Tingginya asam lemak bebas (FFA) akan terjadinya pembentukan air dan sabun selama reaksi. Minyak goreng yang masih memiliki asam lemak bebas (FFA) dibawah 2 % harus dilakukan *pre-treatment* yaitu dengan mengurangi kadar asam lemak bebas (FFA) agar dapat digunakan dalam reaksi transesterifikasi dengan efisien.

Tabel 2.3 Kualitas Sampel dari *Waste Cooking Oil* (WCO) Sebelum dan Setelah Purifying

Karakteristik Minyak Jelantah	Sebelum Purifying	Setelah Purifying
Densitas pada 25 °C (Kg/L)	9,125	9,125
Viskositas Kinematik pada 40 °C (Cst)	40,3	40,8
Asam Lemak Bebas (FFA, %)	0,14	0,04
Total Acid Number (TAN, ml KOH/ gr)	3,07	0,12
Kadar Air (%)	0,13	0,13

(Susvira D *et al.*, 2022)

2.4 Katalis Heterogen

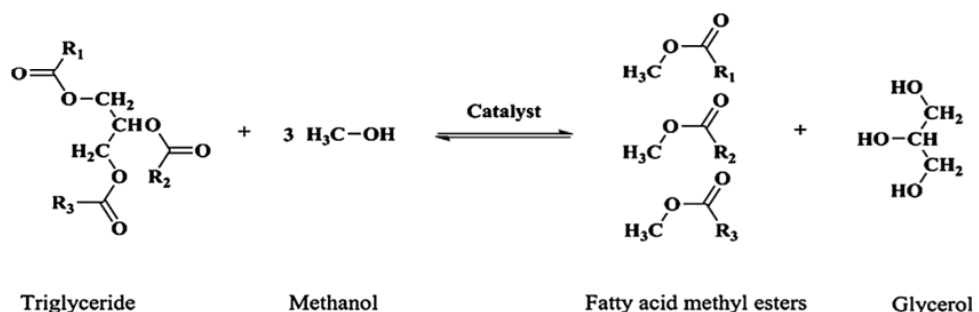
Secara umum, berdasarkan bentuk fasenya, katalis dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang berada dalam fase berbeda dengan reaktan dan produk dalam reaksi. Salah satu keunggulan yang dimiliki oleh katalis heterogen adalah kemampuannya untuk dipisahkan dengan mudah dari produk reaksi. Selain itu, katalis heterogen juga memiliki ketahanan yang lebih baik

terhadap asam lemak bebas yang umumnya terdapat di dalam bahan baku tanpa melewati reaksi saponifikasi sehingga memungkinkan untuk melaksanakan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi dengan efisien, bahkan ketika bahan baku memiliki asam lemak bebas (FFA) dengan kadar tinggi, baik bahan baku yang bersumber dari hewan maupun tumbuhan serta dapat digunakan kembali setelah proses (Drelinkiewicz, *et al.*, 2014: 760-771).

Katalis heterogen memiliki 2 jenis juga yaitu katalis heterogen asam dan katalis heterogen basa, dengan kebanyakan berwujud padat (Tang *et al.*, 2018). Dalam reaksi transesterifikasi memerlukan katalis basa kuat seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) untuk menghasilkan senyawa kimia baru. Jenis katalis basa heterogeny yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi melibatkan oksida logam alkali seperti MgO, CaO, SrO, K₂O dan BaO (Martinez-guerra dan Gude, 2014).

2.5 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi akan dilakukan ketika kadar asam lemak bebas (FFA) pada bahan baku atau minyak yang terlibat berada tidak lebih dari 2 mgKOH/g atau 1% FFA (Piker *et al.*, 2016), sedangkan Lien *et al.*, (2010) menyatakan bahwa reaksi transesterifikasi dapat langsung dilakukan jika persentase kandungan asam lemak bebas (FFA) dalam suatu bahan baku tidak melampaui 4%.



Gambar 2.1 Reaksi Transesterifikasi (Gohain *et al.*, 2017)

Dalam proses pembuatan biodiesel, methanol umumnya sebagai

pelarut untuk proses esterifikasi dan transesterifikasi dalam kondisi dibawah superkritikal yang sifatnya memiliki titik didih yang rendah dan tekanan yang terkendali. Alkohol seperti methanol atau ethanol juga efektif bila digunakan sebagai aditif bahan bakar, mampu merendahkan viskositas campuran bahan bakar secara keseluruhan dan memacu proses penguapan bahan bakar (An H *et al.*,2015:100-108). Katalis basa sering kali digunakan pada reaksi transesterifikasi karena mampu mempercepat laju reaksi. Akan tetapi, pada saat transesterifikasi minyak nabati muncul tantangan karena pembentukan produk samping berupa sabun yang tidak perlukan. Efek ini menghasilkan limbah dalam jumlah besar, memiliki sifat korosif, serta memperpanjang waktu yang dibutuhkan untuk pemisahan hasil reaksi.

Proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor penting sebagaimana dikemukakan oleh Fitriani (2016) :

a. Suhu Reaksi

Pengaruh suhu terhadap laju reaksi transesterifikasi yang menghasilkan metil ester dari bahan baku trigliserida dapat diamati dalam berbagai rentang suhu reaksi. Kenaikan suhu cenderung meningkatkan laju transesterifikasi, menunjukkan hubungan yang signifikan antara suhu dan laju transesterifikasi.

b. Perbandingan Molar Alkohol dengan Minyak

Perbandingan molar antara metanol dengan minyak memiliki peranan sangat penting terutama dalam bahan baku minyak maupun lemak yang mengandung asam lemak bebas (FFA). Dalam reaksi transesterifikasi yang merupakan reaksi keseimbangan, perlunya keberadaan alkohol dalam jumlah berlebih membantu menjaga kesetimbangan untuk menghasilkan ester asam lemak yang diinginkan.

c. Konsentrasi Katalis

Konsentrasi katalis yang digunakan bergantung berdasarkan jenis bahan baku yang digunakan. Dalam konteks katalis asam heterogen, konsentrasi katalis berkaitan dengan jumlah gugus sulfonat yang terikat pada katalis yang bersifat polar. Fungsi katalis ini penting dalam mengkonversi asam lemak bebas yang terdapat dalam bahan baku.

d. Waktu Reaksi

Waktu reaksi transesterifikasi memiliki implikasi pada hasil akhir dari reaksi tersebut. Secara umum, semakin lama waktu reaksi, semakin besar nilai *yield* yang diperoleh. Namun, penting untuk dicatat bahwa setelah mencapai titik kesetimbangan, *yield* yang diperoleh tidak dapat meningkat lebih lanjut.

2.6 Methanol

Proses pembuatan biodiesel melibatkan pemisahan ester dari gliserol dalam minyak nabati melalui transesterifikasi. Dalam proses ini, komponen gliserol dari minyak nabati ditukar oleh alkohol. Methanol menjadi pilihan alkohol yang biasa digunakan dalam proses ini. karena mempunyai berat molekul terendah termasuk kebutuhan relatif rendah untuk proses transesterifikasi, harga lebih ekonomis, daya reaksi lebih kuat dan stabilitas yang lebih baik bila disamakan dengan alkohol berantai panjang (MSDS,2016). Penggunaan metanol dalam konteks pembuatan biodiesel lebih lanjut dipermudah oleh sifatnya yang cocok sebagai pelarut atau agen esterifikasi maupun transesterifikasi dalam dibawah kondisi superkritikal. Hal ini didasarkan pada titik didih rendah dan tekanan yang terkendali yang dimiliki oleh metanol (Zhu *et al.*,2014:1-7).

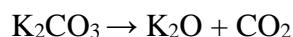
Selain peran dalam proses pembuatan biodiesel, alkohol seperti metanol atau etanol, bila digunakan sebagai aditif bahan bakar secara efektif mampu mengurangi viskositas campuran bahan bakar secara keseluruhan dan mempercepat proses penguapan bahan bakar (An H *et al.*, 2015:100-108). Kehadiran methanol yang berlebih dalam reaksi transesterifikasi menyebabkan penurunan hasil *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Fenomena ini terjadi karena gliserol dan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) memiliki kelarutan dalam methanol, tetapi methanol sendiri tidak larut dalam minyak (Masir *et al.*, 2018). Kelebihan methanol dalam campuran reaksi juga menggeser keseimbangan reaksi ke arah reaktan sehingga produksi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) menjadi lebih rendah (Maneerung *et al.*, 2016).

2.7 Kalsinasi Kulit Pisang Kepok

Kalsinasi merujuk pada proses pemberian panas (*thermal treatment*) terhadap material padatan untuk mencapai dekomposisi termal, transisi fasa atau penghilangan fraksi-fraksi volatil. Selama kalsinasi, seiring dengan dekomposisi, juga terjadi proses seperti pembentukan oksida contohnya kalium oksida (K_2O) dan reaksi oksida dengan penyangga. Kalsinasi juga dimanfaatkan untuk memperluas ukuran pori material.

Kalium karbonat (K_2CO_3) memiliki titik leleh pada $891\text{ }^\circ\text{C}$. Meskipun K_2CO_3 murni mengalami dekomposisi pada suhu $890\text{ }^\circ\text{C}$, dalam kondisi vakum seperti pada proses kalsinasi, diperkirakan kalium karbonat (K_2CO_3) telah mengalami dekomposisi termal, membentuk sisi aktif basa yaitu K_2O . Umumnya kalsinasi dilakukan di bawah titik leleh produk yang diinginkan. Dalam keadaan oksigen atmosferik, pembakaran biomassa suhu rendah akan membentuk karbonat (K_2CO_3), sedangkan pada suhu tinggi, kalium oksida terbentuk. Pada suhu rendah, panas akan merambat ke permukaan

kalium hidroksida (KOH) dan membentuk kalium karbonat (K_2CO_3). Sebaliknya pada suhu tinggi kalium karbonat (K_2CO_3) akan terurai dan membentuk kalium oksida (K_2O) (Misra,1993). Dalam perlakuan kalsinasi dari katalis ini, proses tersebut bertujuan untuk mendekomposisi kalium karbonat yang ada di dalamnya.



Gambar 2.2 Hasil Kalsinasi dari K_2CO_3 (Jannah,2008).

Suhu pembakaran merupakan variabel penting untuk menentukan karakteristik abu yang dihasilkan dari suatu biomassa. Dalam konteks penelitian ini, rendemen abu yang relatif rendah dijelaskan oleh mekanisme reaksi antara karbon dan uap air semakin meningkat, seiring dengan kenaikan suhu dan waktu pembakaran yang lebih lama. Akibatnya, karbon mengalami oksidasi menjadi karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen bereaksi membentuk H_2 dalam jumlah yang signifikan, sehingga jumlah abu yang dihasilkan cenderung berkurang (siahaan dkk,2013). Gugus basa kuat berupa kalium oksida (K_2O) memiliki peran penting dan dapat dijadikan sebagai katalis heterogen dalam reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel (Trisakti, 2018). Khususnya, kalium (K) sebagai unsur logam alkali memiliki peran aktif dalam katalisis untuk mengkonversi minyak jelantah menjadi biodiesel (Damanik *et al.*, 2017).

Berikut ini perbandingan komponen penyusun bagian-bagian dari pisang seperti abu pelepah pisang, abu batang pisang dan abu kulit pisang serta kualitas biodiesel yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Perbandingan Komponen Penyusun Bagian dari Pisang seperti Abu Pelepah Pisang, Abu Batang Pisang dan

**Abu Kulit pisang serta Kualitas Biodiesel yang
Dihasilkan pada Penelitian Sebelumnya**

Komponen Penyusun	Abu Pelepah Pisang (Baiq Safira., 2021)	Abu Batang Pisang (Erwin <i>et al.</i>, 2014)	Abu Kulit Pisang (Damanik <i>et al.</i>, 2017)
Ca (Kalsium) [%]	1,49	-	5,59
Mg (Magnesium) [%]	1,36	-	3,44
O (Oksigen) [%]	57,90	-	-
K (Kalium) [%]	7,09	19,94	46,05
C (Carbon) [%]	20,17	26,40	25,52
S (Sulfur) [%]	-	-	1,00
P (Fosfor) [%]	-	-	3,28
Zn (Zink) [%]	-	-	1,28
Cu (Tembaga) [%]	-	-	1,90
Zr (Zirkonium) [%]	-	-	1,48
Fe (Besi) [%]	0,47	-	-
Cl (Khlor) [%]	0,45	-	-
Al (Alumunium) [%]	1,99	-	-
Si (Silika) [%]	8,27	-	7,03
Kadar Metil Ester [%]	43,3	96,3	98,38