

TRANSESTERIFIKASI MINYAK GORENG BEKAS MENGUNAKAN KATALIS DARI LIMBAH GERGAJIAN KAYU MATAO (*Pometia pinnata*): VARIASI RASIO MOL METANOL TERHADAP MINYAK

Pitornela Ribka Aronggear¹, Darma Santi^{1,*}, Markus Heryanto Langsa¹ dan Lisna Efiyanti²

¹Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat 98314

² Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk - BRIN, Kawasan Sains Teknologi Dr. (H.C.) Ir. H. Soekarno, Jl. Raya Jakarta-Bogor No. Km.46, Cibinong. Kab. Bogor, Jawa Barat 16911

*Email penulis /koresponden: d.santi@unipa.ac.id

ABSTRACT: Utilization of the sawn waste of matoa (*Pometia pinnata*) wood from Manokwari is carried out to provide an alternative choice of transesterification reaction catalyst sources that utilize wood processing waste materials. This study aimed to determine the character of the synthetic ash material by calcination method at 500 °C. In addition to testing the catalytic activity of synthetic wood ash in the transesterification reaction of used cooking oil, the mole ratio of methanol to used cooking oil was 3:1 and 9:1. The characterization results indicated the alkali metal components, in the form of Na and K, were respectively 20.7750 and 4.8625 mg/L. The content of alkaline earth metals in the form of Ca is 27.3125 mg/L. The percentage yield of transesterification or total methyl ester conversion at a ratio of 3:1 was 47.24%. Product distribution at a ratio of 3:1, namely methyl palmitate (26.34%) and methyl oleate (20.90%). The yield percentage of transesterification or total methyl ester conversion at a ratio of 9:1 was 64.74%. Product distribution at a ratio of 9:1, namely methyl palmitate (31.70%) and methyl oleate (33.04%).

Keywords: Catalyst, *Pometia pinnata*, Transesterification Reaction, Used Cooking Oil

PENDAHULUAN

Daerah Papua Barat, secara khusus Distrik Manokwari Barat merupakan wilayah yang menghasilkan produk papan dan balok dari usaha pengolahan kayu. Limbah gergajian kayu merupakan sisa kegiatan pengolahan di tempat penggergajian kayu. Bahan yang merupakan sisa dari proses pembakaran kayu dan umumnya berupa bubuk sering disebut sebagai abu kayu. Senyawaan kalsium dan beberapa unsur lainnya yang tidak ikut terbakar umumnya merupakan komponen penyusun abu dari kayu.

Komposisi kimia dari berbagai abu kayu berdasarkan Danielowska dan Jabłońska (2022), yaitu kadar Ca sebesar 20,90-42,96 (% berat), Na 0,33-3,42 (% berat) dan K 7,09-23,55 (% berat). Kandungan logam alkali dan alkali tanah ini dapat dimanfaatkan sebagai katalis basa dalam reaksi transesterifikasi dalam bentuk alkali alkoksida. Katalis jenis ini dapat dihasilkan melalui ekstraksi logam natrium atau kalium dalam alkohol. Hal ini seperti yang telah dilakukan oleh Yoeswono *et al.* (2007) bahwa ekstrak abu tandan kosong kelapa sawit sebagai sumber K₂CO₃ dengan pelarut metanol

dapat berperan sebagai katalis basa pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa menghasilkan konversi sebesar 94%.

Santi *et al.* (2015) menyebutkan bahwa kandungan Ca, Na dan K dalam abu yang berasal dari kayu besi/merbau berpotensi katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak curah menjadi biodisel. Sehubungan dengan itu, maka perlu diteliti mengenai potensi abu kayu matoa (*Pometia pinnata*) sebagai katalis dalam konversi minyak goreng bekas menjadi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi.

Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah kayu olahan dengan melakukan preparasi material katalis yang terbuat dari limbah kayu matoa (*Pometia pinnata*). Selain itu, untuk menguji aktivitas katalitik dalam reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas dengan variasi rasio mol metanol terhadap minyak goreng bekas.

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang dipakai adalah pengaduk magnet, seperangkat alat-alat gelas, termometer, satu set alat refluks, labu leher tiga kapasitas 500 ml, hot plate stirrer, sistem pendingin, cawan porselen, mortar, corong pisah, seperangkat alat evaporator, oven, furnace dan neraca analitik. Instrumen yang digunakan yaitu Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC - MS) merek Shimadzu QP - 5000 dan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Bahan-bahan dalam riset adalah minyak bekas yang diambil dari pedagang gorengan yang berlokasi di Jalan Amban Pantai. Selain itu, sampel limbah penggergajian kayu matoa diperoleh dari tempat pengolahan kayu matoa di Reremi Puncak, Kabupaten Manokwari. Dalam riset menggunakan aquades, bahan kimia kualitas pro analysis (p.a.) yang diproduksi oleh

Merck, yaitu Na_2SO_4 anhidrat, HCl, HNO_3 serta metanol teknis merek Brataco.

A. Preparasi abu limbah penggergajian kayu matoa (*Pometia pinnata*)

Prosedur kalsinasi merujuk pada Santi dan Morin (2019) dengan perubahan pada jenis kayu. Tahap ini diawali dengan proses pencucian kayu matoa (*Pometia pinnata*) dengan aquades dan dilanjutkan dengan pengeringan pada 60°C hingga dicapai berat konstan. Sampel dimasukkan ke dalam furnace pada temperatur 500°C selama 1 jam.

Prosedur preparasi merujuk pada Santi *et al.* (2015) abu kayu matoa (*Pometia pinnata*) dihaluskan dengan menggerus dan dilakukan penyaringan menggunakan 100 mesh. Lalu abu dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Karakteristisasi untuk melihat komposisi kimia abu, yaitu Ca, Na dan K menggunakan AAS.

B. Proses transesterifikasi

Prosedur perendaman abu merujuk pada Pratama *et al.* (2009). Sejumlah berat abu kayu matoa (*Pometia pinnata*) dimasukkan ke dalam metanol ($\text{BM} = 32,04 \text{ g. mol}^{-1}$), dengan kondisi optimum yaitu 20 gram abu ke dalam 75 ml temperatur selama ± 48 jam pada temperatur kamar.

Prosedur transesterifikasi merujuk pada Santi *et al.* (2015). Ekstrak yang diperoleh dicukupkan volumenya, yaitu rasio mol metanol:minyak. Sebanyak 100 gram minyak goreng bekas (untuk 3:1) dan 50 gram minyak goreng bekas (untuk 9:1) (dengan asumsi minyak goreng bekas tergolong minyak kelapa sawit, maka $\text{BM} = 704 \text{ g. mol}^{-1}$). Selanjutnya dilakukan refluks dengan temperatur 40°C selama 2 jam. Sebanyak 100 g minyak goreng bekas dan dituang ke dalam labu leher tiga, kemudian dihubungkan pada sistem pendingin.

Sebanyak tertentu ekstrak metanol dimasukkan ke dalam labu leher tiga tersebut dan pemanas berstirer dihidupkan. Pencatatan lama reaksi dilakukan ketika temperatur mencapai 40 °C.

Setelah reaksi berakhir dilakukan pemisahan lapisan metil ester yang dihasilkan dari larutan gliserol, selanjutnya dilakukan evaporasi agar menghilangkan sisa metanol. Kemudian ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat agar kandungan air dalam produk dapat dieliminasi, lalu disaring.

C. Analisis biodiesel

Lapisan metil ester yang diperoleh kemudian ditimbang untuk mengetahui persentase rendemen yang sekaligus menyatakan aktivitas katalitik, dengan rumus seperti berikut:

$$\% \text{rendemen} = \frac{W_p}{W_m} \times 100\%$$

Keterangan: W_p= berat produk (g),
W_m=berat minyak (g).

Komposisi metil ester yang diperoleh dianalisis menggunakan GC-MS jenis pengionan EI (*Electron Impact*). Hasil komponen metil ester selanjutnya dapat memberikan informasi mengenai potensi selektivitas katalis yang digunakan. Selektivitas katalis dinyatakan dalam rumus berikut:

$$\% \text{konversi metil ester}_{(a)} = \frac{\% \text{Area metil ester}_{(a)}}{\% \text{Total area metil ester}} \times \% \text{rendemen}$$

Keterangan:

% konversi metil ester_(a) adalah persentase konversi metil ester pada komponen metil ester (a) atau komponen metil ester (b), dan seterusnya.

% Area metil ester_(a) adalah persentase area puncak komponen metil ester (a) hasil GCMS.

% Total area metil ester adalah persentase area puncak keseluruhan komponen metil ester, yaitu komponen (a) + (b) + dan seterusnya berdasarkan hasil GCMS. Sehingga, total persentase konversi metil ester, merupakan keseluruhan % konversi metil ester yang diperoleh, yaitu dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} \% \text{total konversi metil ester} \\ = \% \text{konversi metil ester}_{(a)} \\ + \% \text{konversi metil ester}_{(b)} \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi abu hasil sintesis

Hasil analisis AAS ditampilkan dalam Tabel 1. yang menunjukkan bahwa kandungan mayor logam alkali, berupa Na dan K berturut-turut sebesar 20,7750 dan 4,8625 mg/L. Kandungan logam alkali tanah berupa Ca sebesar 27,3125 mg/L. Berdasarkan Sibarani *et al.* (2007) pengabuan bahan kayu pada temperatur kurang dari 900 °C memiliki kemungkinan dalam bentuk sebagai senyawaan karbonat. Keberadaan logam tersebut dalam abu kayu menyatakan adanya potensi katalitik yang dapat digunakan dalam proses transesterifikasi pada tahapan riset berikutnya. Peranan katalitik diawali dengan tahap reaksi antara alkohol dan spesies basa sehingga menghasilkan alkoksida dan katalis terprotonasi, seperti dalam tahap (1) ditampilkan dalam Gambar 1.

B. Aktifitas katalik abu kayu hasil sintesis pada reaksi transesterifikasi

Pengujian aktifitas katalitik abu kayu hasil sintesis dalam riset ini menunjukkan hasil rendemen jumlah metil ester

dalam riset ini ditampilkan pada Gambar 2. Diketahui bahwa konversi tertinggi dicapai oleh rasio 9:1 yaitu sebesar 64,74%.

Tabel 1: Hasil analisis AAS

Komponen logam	Konsentrasi (mg/L)
Na	20,7750
K	4,8625
Ca	27,3125

Reaksi katalitik basa dalam esterifikasi dapat dipelajari melalui mekanisme yang disajikan pada Gambar 4.2 (Santi, *et al.*, 2015). Terdapat empat (4) tahapan, meliputi:

Tahap (1), yaitu terjadinya reaksi antara alkohol dan basa yang membentuk katalis terprotonasi dan alkoksida.

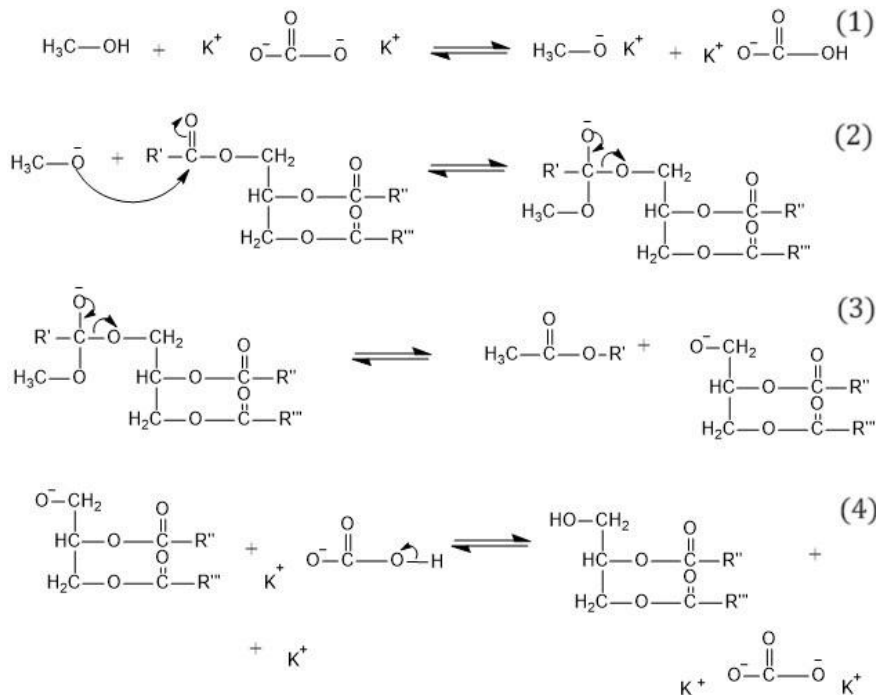
Tahap (2), Penyerangan nukleofilik alkoksida pada trigliserida yang

menghasilkan suatu intermediate.

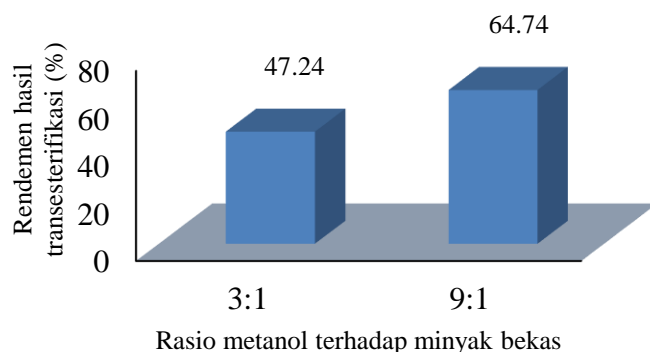
Tahap (3), Pembentukan digliserida dan alkil ester melalui penata ulangan muatan intermediate.

Tahap (4), Deprotonasi katalis dan kembali ke keadaan semula.

Berdasarkan Suzihaque *et al.* (2022) ketika minyak dan alkohol dicampur dengan katalis, proses transesterifikasi berlangsung dan menghasilkan alkil ester sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk sampingan. Proses tiga langkah dimulai dengan konversi trigliserida menjadi digliserida, digliserida menjadi konversi monogliserida, dan produksi monogliserida hingga gliserol. Reaksi ini menghasilkan tiga molekul ester dari tiap molekul trigliserida sebagai hasil dari tiap langkah reaksinya.



Gambar 1. Mekanisme transesterifikasi katalis basa



Gambar 2. Rendemen metil ester dengan variasi rasio mol katalis terhadap minyak goreng bekas

Menurut Suzihaque *et al.* (2022) variabel yang sangat mempengaruhi dalam proses transesterifikasi diantaranya yaitu temperatur, lama reaksi konsentrasi katalis dan rasio molar minyak dan alkohol.

Analisis metil ester menggunakan GCMS dilakukan untuk mengkaraktisasi jenis serta kuantitas komponen

yang terkandung dari hasil reaksi transesterifikasi. Data komponen metil ester yang dihasilkan disajikan pada Tabel 2.

Secara stoikiometris alkohol dibutuhkan sebanyak 3 mol terhadap 1 mol minyak, sehingga diharapkan akan menggeser kesetimbangan ke arah kanan.

Tabel 2. Komponen metil ester hasil transesterifikasi

Nama senyawa	Rasio mol metanol - minyak								
	(3:1)				(9:1)				
	Waktu retensi (menit)	Puncak ke-	% Area	% Konversi metil ester	Waktu retensi (menit)	Puncak ke-	% Area	% Konversi metil ester	
Metil palmitat	31,798	10	23,89	26,34	31,80	10	28,91	31,70	
Metil oleat	35,094	14	18,96	20,90	35,10	15	30,14	33,04	
Total % area metil ester			42,85		59,05				
Total % konversi metil ester				47,24		64,74			

Berdasarkan hasil karakterisasi produk metil ester yang disajikan pada Tabel 2, dapat diamati bahwa konversi metil ester untuk kedua variasi rasio, terdiri dari metil palmitat dan metil oleat. Pada rasio 9:1 memiliki persentase konversi metil ester lebih tinggi dari rasio 3:1. Pada rasio 3:1 distribusi produk metil palmitat lebih tinggi dibandingkan

metil oleat, yaitu masing-masing menunjukkan persentase sebesar 26,34 dan 20,90 %. Sedangkan karakter produk untuk rasio 9:1, jenis metil palmitat lebih rendah dibandingkan metil oleat, yaitu berturut-turut sebesar 31,70 dan 33,04 %. Hal ini menandakan selektivitas produk yang berbeda pada rasio mol metanol terhadap minyak bekas.

Secara keseluruhan produk metil ester tertinggi dalam riset ini dicapai pada rasio mol 9:1, yaitu sebesar 64,74%, sedangkan rasio 3:1 menunjukkan persentase sebesar 47,24. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah mol metanol pada rasio 9:1 mampu mengoptimalkan reaksi transesterifikasi dibandingkan dengan rasio 3:1. Berdasarkan Sibarani, *et al.* (2007) bahwa penurunan produk metil ester yang sebanding dengan penurunan mol metanol terkait dengan distribusi katalis yang berada diantara lapisan gliserol dan ester. Pada rasio 3:1 hasil konversi lebih rendah dimungkinkan karena katalis lebih terdistribusi ke lapisan gliserol, yang mengakibatkan jumlah katalis yang diperlukan pada reaksi transesterifikasi tidak cukup tersedia dan tidak optimal mendorong reaksi bergerak ke arah kanan atau menghasilkan produk. Dengan kata lain, pada rasio ini, reaksi tidak dapat berjalan secara sempurna, karena metil ester tidak terbentuk secara optimal akibat dari trigliserida yang tidak seluruhnya dapat bereaksi.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan pada riset ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu karakterisasi hasil kalsinasi limbah Kayu Matoa (*Pometia pinnata*) pada temperatur 500 °C menggunakan AAS, yaitu berupa komponen logam alkali, berupa Na dan K berturut-turut sebesar 20,7750 dan 4,8625 mg/L. Kandungan logam alkali tanah berupa Ca sebesar 27,3125 mg/L. Keberadaan logam alkali dan alkali tanah ini menunjukkan potensi sebagai katalis yang dapat terprotonasi dan pembentukan alkoksida akibat reaksi antara alkohol dan basa.

Persentase rendemen hasil transesterifikasi atau konversi metil ester total pada rasio 3:1 sebesar 47,24%. Distribusi produk metil palmitat

(26,34%) dan metil oleat (20,90%). Sedangkan pada rasio 9:1, persentase rendemen hasil transesterifikasi atau konversi metil ester total sebesar 64,74%. Distribusi produk metil palmitat (31,70%) dan metil oleat (33,04%). Hal ini menunjukkan bahwa potensi katalis yang digunakan menunjukkan konversi yang cukup baik, yaitu optimal hingga 64,74%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh fasilitas riset, dan dukungan ilmiah serta teknis dari Laboratorium Bahan Bakar dan Rekayasa Desain di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Danielowska, D.S. dan Jabłońska, M., 2022. *Chemical and mineral composition of ashes from wood biomass combustion in domestic wood fired furnaces*. International Journal of Environmental Science and Technology, Vol.19:5359–5372.
- Yoeswono, Triyono, dan Tahir, I., 2007. *The Use of Ash of Palm Empty Fruit Bunches as a Source of K₂CO₃ Catalyst for Synthesis of Biodiesel from Coconut Oil With Methanol*. Proceeding International Conference of Chemical Science, Yogyakarta.
- Santi, D., Lestari, A.D., dan Triyono, 2015. *Efektifitas Abu Kayu Merbau Sebagai Katalis Heterogen Dalam Reaksi Transesterifikasi Minyak Curah Menjadi Biodiesel*. Mekanika Jurnal, Vol.13, No.2:65–69.
- Santi, D., dan Victor, J.M., 2019. *Karakterisasi Abu Kayu Merbau (Intsia, Spp.): Pengaruh Temperatur Dan Lama Kalsinas*. Jurnal Natural, Vol.15, No.1:30-38.
- Pratama, L., Yoeswono, Triyono, dan

- Tahir, I., 2009. *Effect Of Temperature And Speed Of Stirrer To Biodiesel Conversion From Coconut Oil With The Use Of Palm Empty Fruit Bunches As A Heterogeneous Catalyst*. Indonesia Journal of Chemistry, Vol.9, No.1:54-61.
- Sibarani, J., Khairi, S., Yoeswono, Wijaya, K. dan Tahir I., 2007. *Effect Of Palm Empty Bunch Ash On Transesterification Of Palm Oil Into Biodiesel*. Indonesia Journal of Chemistry, Vol.7:314-319.
- Suzihaque, M.U.H., Alwi, H., Ibrahim, U.I., Abdullah, S. dan Haron, N., 2022. *Biodiesel production from waste cooking oil: A brief review*. Materials Today: Proceedings, 63, S490-S495.