

Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Katalis CaO Biodiesel Minyak Goreng Bekas

Altaera Yuha Syahputri*, R. TD. Wisnu Broto

Prodi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia.

*Email : alta17yuha@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan energi dunia terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan akan mengalami pertumbuhan rata-rata 1,7% sampai pada tahun 2030. Untuk itu diperlukan suatu penelitian dalam menemukan energi alternatif. Biodiesel merupakan energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, bahan bakar nonfosil atau energi terbarukan dapat dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar nonfosil. Oleh karena itu dilakukan Penelitian Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas Menggunakan Katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam di latar belakang oleh cadangan energi yang keberadaannya semakin menipis. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang diproduksi dari minyak nabati, lemak hewani, limbah minyak menggunakan proses esterifikasi dan transesterifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan transesterifikasi terbaik dan juga menentukan efek utama yang paling berpengaruh menggunakan metode faktorial desain 2 level 3 variabel. Kondisi transesterifikasi terbaik pada penelitian ini adalah variabel ke-8 dengan penambahan katalis CaO 4% (b/b), lama waktu transesterifikasi 130 menit, dan suhu operasi 60 °C dengan karakteristik biodiesel yang didapat adalah nilai viskositas 4,76 cSt, denisitas 880 kg/m³, %rendemen 78,2%, dan perolehan angka setana sebesar 40. Efek utama yang paling berpengaruh adalah % katalis.

Kata Kunci : Minyak Goreng Bekas, Cangkang Telur Ayam, Transesterifikasi, Biodiesel

Utilization of Chicken Egg Shell Waste as a CaO Catalyst for Used Cooking Oil Biodiesel

Abstract

The world's energy needs continue to increase in line with population growth and economic growth, which is estimated to experience an average growth of 1.7% until 2030. For this reason, a research is needed to find alternative energy. Biodiesel is an alternative energy that can be used as a substitute for fossil fuels. Based on Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 79 of 2014 concernin the National Energy Policy, non-fossil fuels or renewable energy can be developed and utilized as non-fossil fuels. Therefore, a research on making biodiesel from used cooking oil was carried out using CaO catalyst from chicken egg shells was carried out against the background of depleting energy reserves. Biodiesel is an alternative fuel produced from vegetable oil, animal fat, waste oil using esterification and transesterification processes. This study aims to determine the best transesterification treatment and also to determine the most influential main effect using the 2 level 3 variable factorial design method. The best transesterification condition in this study was the 8th variable with the addition of 4% CaO catalyst (w/w), the transesterification time was 130 minutes, and the operating temperature was 60°C. The biodiesel characteristics obtained were 4.76 cSt viscosity, 880 kg density. /m³, % yield was 78.2%, and the cetane number was 40. The most influential main effect was % catalyst.

Keywords : Biodiesel, Used Cooking Oil, Chicken Egg Shell, Transesterification

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk Indonesia. Rata-rata peningkatan kebutuhan energi tiap tahunnya sebesar 36 juta Barrel Oil Equivalent (BOE) dari tahun 2000 sampai 2014. Sementara cadangan energi tidak terbarukan, seperti minyak bumi, gas bumi, dan batu bara semakin menipis. Berdasarkan Rencana Strategis (Renstra) Kementerian ESDM Tahun 2015–2019, cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 3,6 miliar barel diperkirakan akan habis dalam 13 tahun mendatang.

Banyak peneliti di dunia yang melakukan penelitian mengenai energi baru dan terbarukan seperti sumber energi panas matahari, osean, hidro, angin, geothermal, maupun bioenergi. Bioenergi diantaranya biomassa, biotermal, bioetanol, dan biodiesel (Marnoto, 2011).

Biodiesel salah satu bahan bakar alternatif yang digunakan pada mesin diesel yang diproduksi dengan proses reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek seperti metanol dengan bantuan katalis yang bersifat asam atau basa (Van Gerpen, 2005). Sebagai salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam hayati, Indonesia memiliki banyak sekali sumber minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam proses pembuatan biodiesel.

Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar yang dapat dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi (Hamsyah Adhari, Yusnimar, 2016). Umumnya minyak goreng mempunyai kandungan asam lemak yang tinggi, maka dari itu transesterifikasi dengan bantuan katalis basa NaOH atau KOH tidak tepat. Alternatif katalis lain adalah basa padat, salah satunya CaO. Kelebihan dari CaO ini, yaitu lebih ekonomis dan juga memiliki tingkat kelarutan yang rendah dalam methanol (Hidayati et al., 2017).

Pada proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan katalis seperti CaO, biodiesel ini menggunakan katalis cangkang telur ayam yang banyak dijumpai dan sering dianggap sebagai limbah. Namun faktanya cangkang telur ayam ini mengandung senyawa kalsium karbonat (CaCO_3) sebanyak 90,9%, cangkang telur juga memiliki struktur selulosa dan mengandung asam amino (Turnip et al., 2017). Pada proses pembuatan biodiesel dengan katalis CaO ini dapat dibuat melalui proses kalsinasi CaCO_3 sehingga CaO yang didapatkan akan memiliki tingkat kemurnian cukup tinggi.

METODOLOGI

Bahan

Bahan utama yang digunakan untuk membuat biodiesel adalah minyak goreng bekas/minyak jelantah. Sedangkan bahan pembantunya adalah Cangkang Telur Ayam sebagai katalis CaO, Methanol, Asam Sulfat (H_2SO_4), dan Aquadest.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Labu Leher Tiga, Magnetic Stirrer, Hot Plate, Pendingin Balik, Klem Statif, Thermometer, Selang, Grinder, Furnace, Oven, Piknometer, Viskosimeter Ostwald, Buret, Erlenmeyer.

Metode

Pada penelitian ini menggunakan metode transesterifikasi dengan proses awal pretreatment bahan baku berupa kalsinasi katalis CaO, esterifikasi, dan transesterifikasi.

Variabel Tetap

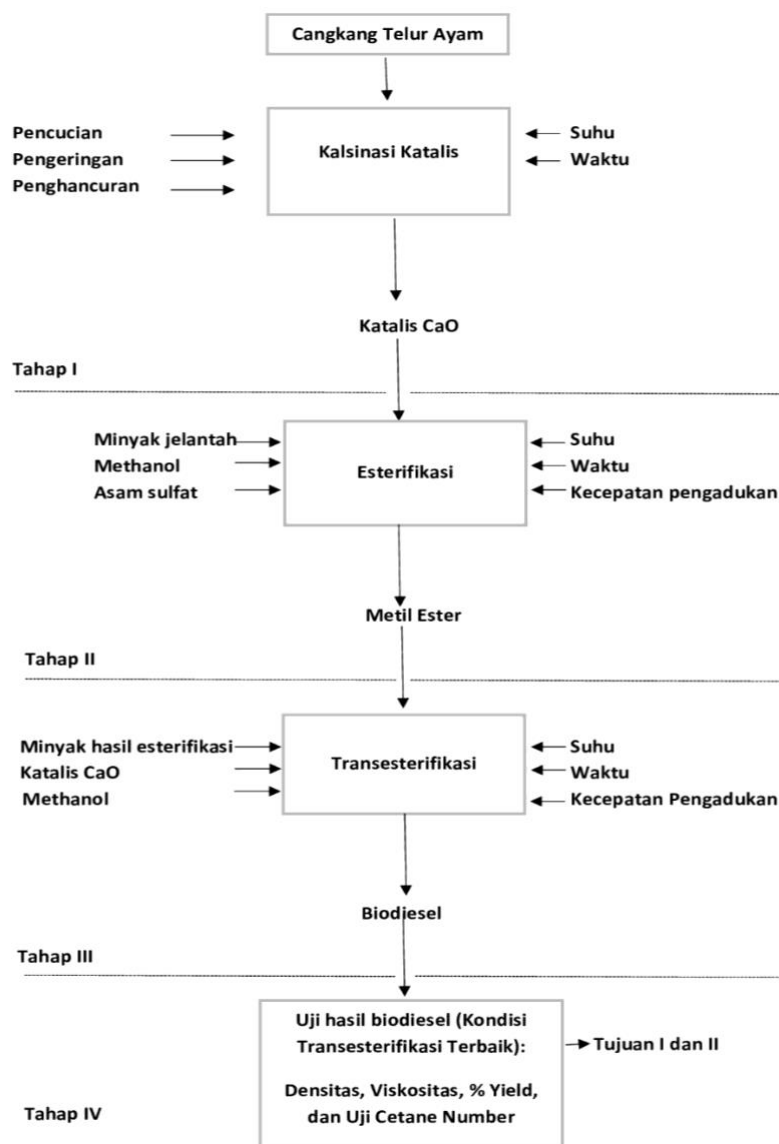
Variabel tetap yang digunakan adalah suhu kalsinasi (900°C), waktu kalsinasi (4 jam), suhu esterifikasi (60°C), kecepatan pengadukan (300 rpm), waktu esterifikasi (60 menit), volume methanol esterifikasi (20% v/v), asam sulfat (5% v/v), dan volume methanol transesterifikasi (40 % v/v).

Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan adalah waktu transesterifikasi (110 dan 130 menit), suhu transesterifikasi (50 dan 60°C), dan konsentrasi katalis CaO (2% dan 4% m/v).

Proses Penelitian

Proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Sampel dianalisis untuk menentukan nilai densitas, viskositas, % yield rendemen, FFA, dan angka setana.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalsinasi Katalis

Kalsinasi katalis CaO dilakukan pada suhu 900°C di Gedung Laboratorium Obat Alam Universitas Diponegoro dan berlangsung selama 4 jam. Kalsinasi katalis CaO menunjukkan pembentukan CaO telah mengalami pengurangan berat hal ini dikarenakan gas CO₂ yang dikeluarkan dari proses dekomposisi termal CaCO₃ menjadi CaO, dimana gas CO₂ merupakan produk lain dari proses dekomposisi tersebut. Pada penelitian sebelumnya (Jefry R Turnip dkk, 2017) menggunakan basa heterogen dengan bahan baku berupa kuliah buah kakao yang di kalsinasi dalam furnace dengan variasi temperatur pembakaran 650°C selama 4 jam hingga menjadi abu. Kemudian kalsinasi dilakukan pada suhu 900°C selama 8 jam.

Tabel 1. Rancangan Desain Penelitian

No.	Variabel			Analisa
	t (menit)	T (°C)	k (%)	% Yield
1.	110	50	2	v
2.	130	50	2	v
3.	110	60	2	v
4.	130	60	2	v
5.	110	50	4	v
6.	130	50	4	v
7.	110	60	4	v
8.	130	60	4	v

*t : waktu transesterifikasi

*s : suhu transesterifikasi

*k : konsentrasi katalis CaO

Esterifikasi Biodiesel

Pada Tabel 2 mencantumkan karakteristik minyak nabati yang digunakan sebelum proses Esterifikasi.

Tabel 2. Analisis Karakteristik Minyak Jelantah Sebelum Esterifikasi

Karakteristik	Satuan	Jumlah
Densitas	Kg/m ³	910,5
Viskositas	cSt	39,76
FFA	%	5,02

Pada uji karakteristik kandungan %FFA minyak jelantah sebelum esterifikasi pada sampel saya didapatkan sebesar 5,02%, dimana hasil tersebut lebih besar dari sampel minyak jelantah pada penelitian Inke Yolanda (2021) yaitu sebesar 4,6% dan lebih besar dari %FFA pada penelitian Umei Latifah (2021) yaitu sebesar 4,17%. Hal ini disebabkan karena perbedaan pengambilan sampel minyak jelantah dan pemakaian minyak goreng sebelum dijadikan sampel uji sehingga memiliki kandungan asam lemak bebas yang berbeda-beda

Dan apabila katalis CaO ditambahkan pada proses transesterifikasi maka kandungan FFA yang tinggi akan membentuk sabun. Oleh karena itu, proses esterifikasi terlebih dahulu harus dilakukan untuk menggunakan katalis asam H₂SO₄ untuk menurunkan kadar FFA pada minyak nabati bekas.

Tabel 3. Analisis Karakteristik Minyak Jelantah Sesudah Esterifikasi

Karakteristik	Satuan	Jumlah
Densitas	Kg/m ³	816,4
Viskositas	cSt	35,01
FFA	%	2,42

Kadar FFA minyak jelantah setelah dilakukan proses esterifikasi pada sampel saya didapatkan nilai sebesar 2,42 %, dimana nilai tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Umei Latifah, 2021) yaitu 2,37% dan lebih besar dari penelitian (Inke Yolanda, 2021) yang memiliki nilai sebesar 2,25% yang berarti kandungan asam lemak bebas dalam sampel saya lebih besar dibandingkan sampel lain yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Penurunan tersebut disebabkan karena proses esterifikasi yang menyebabkan asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak dan methanol bereaksi dengan bantuan katalis asam. Minyak hasil esterifikasi kemudian dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu tahap transesterifikasi.

Transesterifikasi Biodiesel

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, pada tahap transesterifikasi, suhu, waktu dan konsentrasi katalis CaO diubah untuk mencapai respons % rendemen. Perlakuan terbaik dipilih berdasarkan nilai efektivitas tinggi yang dihasilkan menggunakan masing-masing parameter dengan bobot nilai prioritas yang berbeda. Bobot nilai parameter yang ditentukan pada tahap transesterifikasi ini adalah % rendemen. Berdasarkan nilai indeks efektivitas yang dihitung, efek perlakuan terbaik dapat diperoleh antara penambahan katalis CaO 4% (b / b) dengan waktu transesterifikasi 60 menit dan suhu 130°C.

Tabel 4. Data Uji Transesterifikasi

N o.	Variabel		Analisa	
	t (menit)	T (°C)	k (%)	%rendemen
1.	110	50	2	62,5
2.	130	50	2	63,2
3.	110	60	2	67,8
4.	130	60	2	68,1
5.	110	50	4	69,6
6.	130	50	4	70,7
7.	110	60	4	71,4
8.	130	60	4	78,2

Pada penelitian Inke Yolanda (2021) didapatkan nilai yield 81,4% dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur bebek, kemudian pada penelitian saya didapatkan nilai yield sebesar 78,2% dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur ayam dan pada penelitian Umei Lathifah (2021) didapatkan nilai yield 78,1% dengan katalis basa heterogen dari cangkang kerang darah. Dimana nilai yield pada penelitian Inke Yolanda (2021) lebih besar yaitu 81,4% dari penelitian saya 78,2%, dan nilai yield saya 78,2% lebih besar dari yield Umei Lathifah (2021) 78,1%, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan bahan baku katalis sehingga kadar CaO yang dihasilkan untuk dimanfaatkan sebagai katalis pun berbeda dan membuktikan bahwa bahan baku serta jenis katalis CaO yang berbeda sangat berpengaruh terhadap rendah tingginya yield biodiesel. Walaupun bahan baku biodiesel menggunakan minyak dengan jenis yang sama, yield biodiesel yang dihasilkan juga akan berbeda.

Analisis dan Pengujian Biodiesel

Biodiesel hasil reaksi tranesterifikasi memiliki tiga variabel yaitu suhu, waktu dan kadar katalis CaO. Selain itu, biodiesel diuji dalam hal viskositas, densitas, viskositas, % rendemen, dan angka setana.

Densitas

Nilai densitas biodiesel yang diperoleh dari ke-8 variabel yang telah dilakukan pada penelitian disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Densitas Biodiesel

Percobaan	Densitas (kg/m ³)	Nilai SNI (kg/m ³)
1	875	
2	871	
3	870	
4	865	850-890
5	863	
6	855	
7	851	
8	842	

Dari Tabel 5 menunjukkan bahwa densitas ke delapan variabel percobaan yang dilakukan memenuhi SNI 7182: 2015 yaitu kisaran 850-890 kg/m³. Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi, dan begitu pula sebaliknya (Christina, dkk, 2012).

Pada penelitian Inke Yolanda (2021) didapatkan nilai densitas 889,6 kg/m³ dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur bebek, kemudian pada penelitian Umei Lathifah (2021) didapatkan nilai densitas 888,2 kg/m³ dengan katalis basa heterogen dari cangkang kerang dan pada penelitian saya didapatkan nilai densitas 880 kg/m³ dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur ayam. Dimana nilai densitas pada penelitian Inke Yolanda (2021) lebih besar yaitu 889,6 kg/m³ dari penelitian Umei Lathifah yaitu 888,2 kg/m³ dan lebih besar dari nilai densitas saya 880 kg/m³. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan variabel pada suhu dan lama waktu dari setiap penelitian, dimana densitas dipengaruhi oleh semakin lama waktu dan semakin besar suhu yang digunakan maka partikel reaktan akan bergerak lebih cepat sehingga intensitas tumbukan antar partikel akan lebih intens dan semakin efektif sehingga menurunkan nilai kekentalan pada biodiesel. Dan hal ini juga dapat disebabkan karena adanya perbedaan kadar CaO pada setiap katalis yang digunakan.

Viskositas

Nilai viskositas biodiesel yang diperoleh dari ke-8 variabel yang telah dilakukan pada penelitian disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Viskositas Biodiesel

Percobaan	Viskositas (cSt)	Nilai SNI (cSt)
1	5,27	2,3-6,0
2	4,97	
3	4,76	
4	4,43	
5	3,88	
6	3,61	
7	3,52	
8	3,19	

Dari Tabel 6 menunjukkan bahwa viskositas ke delapan variabel percobaan yang dilakukan memenuhi SNI 7182: 2015 yaitu kisaran 2,3-6,0 cSt. Pada penelitian Umei Lathifah (2021) didapatkan nilai viskositas 5,90 cSt dengan katalis basa heterogen dari cangkang kerang darah, kemudian pada penelitian saya didapatkan nilai viskositas 5,27 cSt dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur ayam dan pada penelitian Inke Yolanda (2021) didapatkan nilai viskositas 5,12 cSt dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur bebek. Dimana nilai viskositas pada penelitian Umei Lathifah (2021) lebih besar dari nilai viskositas saya yaitu 5,90 cSt, dan pada nilai viskositas saya lebih besar dari nilai viskositas Inke Yolanda (2021) yaitu 5,27. Adanya perbedaan dari setiap penelitian dapat disebabkan karena perbedaan kadar CaO pada bahan baku katalis basa heterogen yang digunakan pada setiap penelitian. Selain itu, perbedaan hasil juga dapat terjadi karena suhu reaksi dan waktu proses yang terlalu singkat kemungkinan membuat hasil reaksi yang kurang sempurna sehingga masih memiliki kandungan sisa trigliserida yang tidak bereaksi (tidak terkonversi).

hal ini karena tumbukan partikel yang semakin intens seiring dengan naiknya suhu dan lamanya waktu proses. Hal ini karena secara teori, semakin lama reaksi berlangsung maka semakin banyak pula asam lemak yang akan dikonversi menjadi metil ester (Biodiesel) sehingga semakin berkurang pula kadar gliserol maupun sisa trigliserida dalam biodiesel.

Semakin tinggi konsentrasi katalis, viskositasnya cenderung menurun. Karena semakin banyak persen katalis yang diberikan akan semakin cepat pula terpecahnya trigliserida menjadi tiga ester asam lemak yang akan menurunkan viskositas.

Rendemen

Nilai % yield rendemen biodiesel yang diperoleh dari ke-8 variabel yang telah dilakukan pada penelitian disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil rendemen

Percobaan	%rendemen
1	62,5
2	63,2
3	67,8
4	68,1
5	69,6
6	70,7
7	71,4
8	78,2

Pada penelitian Inke Yolanda (2021) didapatkan nilai yield 81,4% dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur bebek, kemudian pada penelitian saya didapatkan nilai yield sebesar 78,2% dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur ayam dan pada penelitian Umei Lathifah (2021) didapatkan nilai yield 78,1% dengan katalis basa heterogen dari cangkang kerang darah. Dimana nilai yield pada penelitian Inke Yolanda (2021) lebih besar yaitu 81,4% dari penelitian saya 78,2%, dan nilai yield saya 78,2% lebih besar dari yield Umei Lathifah (2021) 78,1%, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan bahan baku katalis sehingga kadar CaO yang dihasilkan untuk dimanfaatkan sebagai katalis pun berbeda dan membuktikan bahwa bahan baku serta jenis katalis CaO yang berbeda sangat berpengaruh terhadap rendah tingginya yield biodiesel. Walaupun bahan baku biodiesel menggunakan minyak dengan jenis yang sama, yield biodiesel yang dihasilkan juga akan berbeda.

Hasil diatas dapat disimpulkan bilila konsentrasi katalis dinaikkan, yield biodisel yang terbentuk juga meningkat. Hal ini terjadi karena fungsi katalis adalah menurunkan energi aktivasi. Semakin besar konsentrasi katalis dalam larutan, maka energi aktivasi suatu reaksi semakin kecil, sehingga produk akan semakin banyak terbentuk. Meningkatnya konsentrasi katalis akan meyebabkan meningkatnya yield biodisel.

Angka Setana

```

DIESEL
INDEX      60.4
***  WARNING  ***
* HIGH      HI 131.7
* VARIANCE LO 60.4
*****
***  WARNING  ***
* VALUE TOO HIGH *
*****
NUMBER     40.0
***  WARNING  ***
* HIGH      HI 122.1
* VARIANCE LO 40.0
*****
*****

```

Gambar 2. Hasil Angka Setana

Pada penelitian saya didapatkan nilai angka setana sebesar 40 dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur ayam, kemudian pada penelitian Umei Lathifah (2021)

didapatkan nilai angka cetana sebesar 39 dengan katalis basa heterogen dari cangkang kerang darah dan pada penelitian Inke Yolanda (2021) didapatkan nilai angka setana sebesar 38 dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur bebek. Dimana angka setana saya lebih besar dari penelitian Umei Lathifah (2021), dan nilai angka setana Umei Lathifah (2021) lebih besar dari angka setana lebih besar dari Inke Yolanda (2021). Hal ini berarti mutu biodiesel dari segi angka setana masih dibawah standar SNI – 7182 : 2015 yaitu sebesar 55. Hal tersebut dapat dipengaruhi karena adanya perbedaan kandungan asam lemak bebas yang terkandung pada sampel dan juga dapat dipengaruhi oleh banyak sedikitnya kadar katalis CaO yang terkandung pada masing-masing bahan baku katalis yang digunakan.

Umumnya, mesin diesel akan mencapai pembakaran efisien saat menggunakan bahan bakar dengan angka cetane sekitar 55. Bahan bakar dengan angka cetane rendah dapat menyebabkan mesin diesel berjalan lambat dan memiliki emisi yang lebih tinggi akibat pembakaran yang tidak efisien.

Rendahnya angka setana yang didapat, berkaitan dengan %FFA minyak jelantah setelah dilakukan tahap esterifikasi. Dimana %FFA tersebut masih sebesar 2,42 %. Padahal seharusnya, untuk dapat masuk ke tahap transesterifikasi, syarat %FFA adalah <2%. Sehingga, dengan tingginya kadar FFA ini menyebabkan angka setana rendah karena masih terkandung jumlah asam lemak yang tinggi pada minyak jelantah yang mengakibatkan angka pembakaran juga rendah.

Angka setana biodiesel berkaitan dengan komposisi asam lemak yang terkandung dalam biodiesel tersebut. Biodiesel yang mengandung asam lemak jenuh dengan rantai karbon panjang (asam laurat, palmitat, stearat, dll) yang tinggi mempunyai angka setana yang rendah hal ini menyebabkan angka pembakaran pun rendah.

Hasil Perhitungan Efek Utama dan Efek Iterasi

Dari tabel dibawah, dapat diketahui bahwa Efek Utama yang paling berpengaruh adalah katalis. Kandungan CaO yang tinggi memberikan kuat basa yang lebih tinggi. Semakin besar kuat basa, semakin tinggi aktivitas katalitik katalis sehingga rendemen biodiesel yang dihasilkan juga semakin tinggi.

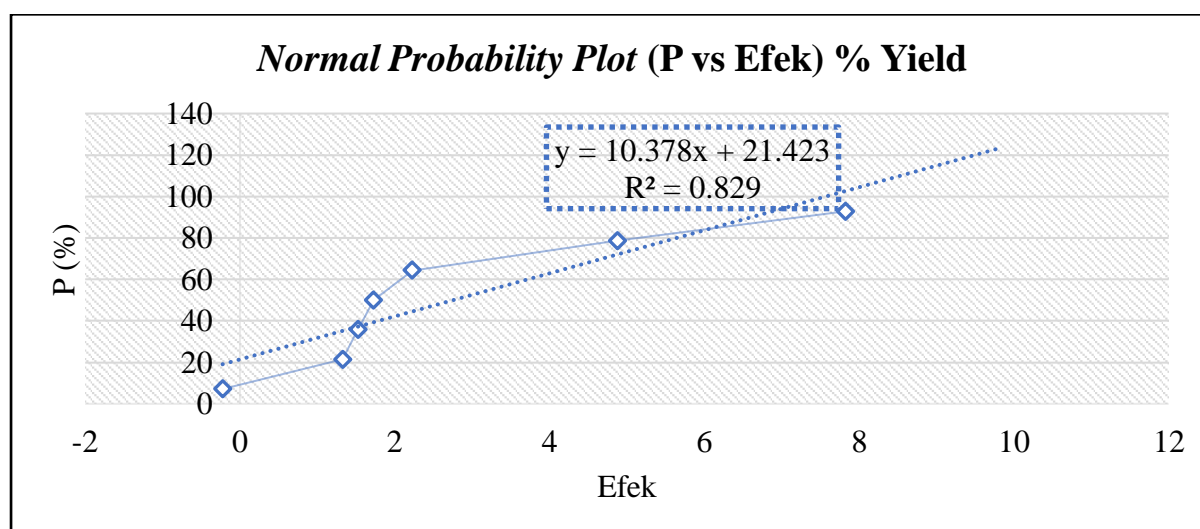
Tabel 9. Interpretasi Efek dan Hasil Penelitian

Efek	Hasil	
t	2,225	
T	4,875	
k	7,825	→ Efek Utama
tT	1,325	
tk	1,725	
Tk	-0,225	→ Efek Interaksi
Ttk	1,525	

Tabel 10. Hasil Perhitungan Efek Utama dan Efek Iterasi

Nomor Order	Identitas Efek	Efek (I)	P(%)
1	Tk	-0,225	7,143
2	tT	1,325	21,43
3	Ttk	1,525	35,71
4	tk	1,725	50
5	t	2,225	64,29
6	T	4,875	78,57
7	k	7,825	92,86

Hubungan P dengan nilai efek dapat dilihat pada gambar 3 dengan nilai P didapat dari rumus $P = 100 (i-0,5)/m$, dimana i adalah nomor order dan m adalah jumlah order.

**Gambar 3.** Grafik Hubungan *Normal Probability* dengan Efek

Pada Gambar 3 menampilkan grafik *Normal Probability Plot* antara nilai P dengan efek yang diperoleh regresi (R^2) sebesar 0,829 dengan mengaktifkan fitur *Trendline* pada *Microsoft Excel*. Hal ini berarti 82,9% dari total variasi model bisa diwakili dengan persamaan regresi.

Adapun persamaan yang menunjukkan korelasi antara nilai % yield dan parameter proses penelitian adalah $y = 10,378x + 21,423$. Maka dari itu, pada pembuatan biodiesel dapat disimpulkan bahwa katalis merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai % yield biodiesel.

Analisis Faktorial Design

Diperlukan analisis factorial design untuk dapat menentukan pengaruh utama terhadap penelitian dari variable-variabel yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini digunakan metode factorial design 2 level 3 variabel yang memiliki perubahan temperature operasi, waktu operasi, dan level katalis yang digunakan. Respon yang didapat adalah densitas, viskositas, dan juga %rendemen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa: Cangkang telur ayam dapat digunakan sebagai pengganti katalis basa heterogen, dan biodiesel dapat diproduksi dengan kalsinasi pada suhu 900°C selama 4 jam. Mendapatkan kondisi transesterifikasi terbaik pada variabel ke-8, dan menambahkan katalis CaO 4% (m/v), waktu transesterifikasi 130 menit, temperatur operasi 60°C sehingga diperoleh rendemen tertinggi yaitu sebesar 78,2%. Efek utama yang paling berpengaruh dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu konsentrasi katalis. Hal ini didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode factorial design 2 level 3 variabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z., Rudiyanto, B., & Susmiati, Y. (2016). *View of PRODUKSI BODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN CANGKANG BEKICOT (ACHATINA FULICA) DENGAN METODE PENCUCIAN DRY WASHING*. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/RTR/article/view/4744/3508>
- Ariwibowo, W., Nugroho, A., & Istasi. (2019). *Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kedelai Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis Padat Ramah Lingkungan K₂O/CaO-ZnO* / *Aribowo* / *TEKNIK*. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/24080/16573>
- Bayu, I., Azizah, P. A. N., Nurwijayanti, M., & Aditama, B. K. (2019). *(PDF) Jurnal Review: Transesterifikasi Minyak Croton megalocarpus pada Produksi Biodiesel dengan Variasi Katalis Asam Heterogen*. https://www.researchgate.net/publication/333951074_Jurnal_Review_Transesterifikasi_Minyak_Croton_megalocarpus_pada_Produksi_Biodiesel_dengan_Variasi_Katalis_Asam_Heterogen
- Efendi, R., Aulia, H., Faiz, N., & Firdaus, E. R. (2018). PEMBUATAN BODIESEL MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN METODE ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI BERDASARKAN JUMLAH PEMAKAIAN MINYAK JELANTAH BODIESEL PRODUCTION FROM WASTE COOKING OIL BY ESTERIFICATION-TRANSESTERIFICATION METHODS BASED ON AMOUNT OF USED COOKING OIL. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 9). <https://doi.org/10.35313/IRWNS.V9I0.1129>
- HANAFIE, A. (2018). PERMODELAN KARAKTERISTIK BODIESEL DARI MINYAK JELANTAH. *ILTEK : Jurnal Teknologi*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/9nsva>
- Haryono, Liamita Natanael, C., & Yulianti, Y. B. (2018). KALSIUM OKSIDA MIKROPARTIKEL DARI CANGKANG TELUR SEBAGAI KATALIS PADA SINTESIS BODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS. In *Jurnal Material dan Energi Indonesia* (Vol. 08, Issue 01). <https://doi.org/10.24198/JMEI.V8I01.17865>
- Hidayati, N., Ariyanto, T. S., & Septiawan, H. (2017). TRANSESTERIFIKASI MINYAK GORENG BEKAS MENJADI BODIESEL DENGAN KATALIS KALSIUM OKSIDA. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, *1*(1), 1–5. <http://journals.ums.ac.id/index.php/jtba/article/view/JTBA-0001>

- Inke Yolanda Laporan Penelitian Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur Bebek sebagai Katalis CaO
- Lametige, J. A., Sangian, H. F., Tanauma, A., & Rombang, J. (2020). Penerapan Metode Transesterifikasi Subkritis Mendekati Isokorik dalam Pembuatan Biodiesel. *Jurnal MIPA*, 9(1), 10. <https://doi.org/10.35799/jmuo.9.1.2020.27081>
- Lestari, P. P. (2019). *BIODIESEL DARI SAWIT DENGAN KATALIS KALSINASI CANGKANG KERANG DARAH* / Lestari / Ready Star. <https://ptki.ac.id/jurnal/index.php/readystar/article/view/32/pdf>
- Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., & Wang, C. H. (2016). Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure. *Energy Conversion and Management*, 123, 487–497. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.06.071>
- Maulana, A. R., & Setyoningrum, T. M. (2019). Pembuatan Biodiesel dari Ampas Kelapa dengan Metode Transesterifikasi In-Situ dan Katalis Kalsium Oksida. *Eksergi*, 16(1), 13. <https://doi.org/10.31315/e.v16i1.2526>
- Mawarni, D. I., & Suryanto, H. (2018). PENGARUH SUHU PENGADUKAN TERHADAP YIELD BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH. *Jurnal SIMETRIS*, 9(1), 49–54. <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/simet/article/view/1665>
- Mukminin, A., Fajar, M., Sarungu', S., Andrianti, I., Migas, T. P., Balikpapan, M., Nama Institusi, B., Pengolahan, T., & Institusi, B. N. (2018). Pengaruh Suhu Kalsinasi Dalam Pembentukan Katalis Padat CaO Dari Cangkang Keong Mas (*Pomacea canaliculata* L). In *PETROGAS* (Vol. 1, Issue 1). <http://ejournal.sttmigas.ac.id/index.php/petrogas/article/view/8>
- Oktavia, R., & Andre, V. (2018). (PDF) *TRANSESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS CaO DARI CANGKANG SIPUT GONGGONG (Strombus canarium)*. https://www.researchgate.net/publication/330040394_TRANSESTERIFIKASI_MINYAK_JELANTAH_MENGGUNAKAN_KATALIS_CaO_DARI_CANGKANG_SIPUT_GONGGONG_Strombus_canarium
- Permana, E., & Naswir, M. (2020). KUALITAS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH BERDASARKAN PROSES SAPONIFIKASI DAN TANPA SAPONIFIKASI. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6(1), 26. <https://doi.org/10.31884/jtt.v6i1.244>
- Prasetyo, J. (2018). STUDI PEMANFAATAN MINYAK JELANTAH SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45. <https://doi.org/10.32493/jitk.v2i2.1679>
- Pratigto, S., Istadi, I., & Wardhani, D. H. (2019). Karakterisasi Katalis CaO dan Uji Aktivitas pada Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kedelai. *METANA*, 15(2), 57–64. <https://doi.org/10.14710/metana.v15i2.25106>
- Sudarmawan, W. S., Suprijanto, J., Departemen, I. R., Kelautan, I., & Perikanan, F. (2020). Abu Cangkang Kerang *Anadara granosa*, Linnaeus 1758 (*Bivalvia: Arcidae*) sebagai Adsorben Logam Berat dalam Air Laut. *Journal of Marine Research*, 9(3), 237–244.

<https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.26539>

Umei Latifah Azzahro (2021) Laporan Penelitian Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Katalis CaO Pada Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas.