Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi e-ISSN: 2549-4236, p-ISSN: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Vol 24, No 3 (2024): Oktober, 2464-2471
DOI: 10.33087/jiubj.v24i3.5498

Optimasi Peningkatan Karakteristik *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai Bahan Bakar Diesel

Ahmad Zaenal Arifin*, Rahadyan Itsar Fadhilah, Erwan Adi Saputro
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
*Correspondence: zaenalahmad582@gmail.com

Abstrak. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia yang telah berkontribusi signifikan terhadap kebutuhan minyak sawit global. Pemanfaatan minyak kelapa sawit sebagai bahan bakar umumnya dilakukan melalui proses pembuatan biodiesel, namun proses ini masih membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga kurang ekonomis. Selain itu, kendala utama dalam penggunaan minyak nabati pada *crude palm oil* (CPO) adalah viskositasnya yang tinggi, yang dapat menyebabkan tersumbatnya saluran injektor bahan bakar pada mesin diesel. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi untuk meningkatkan karakteristik CPO agar dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar mesin diesel, yaitu melalui pemanasan dan penambahan zat aditif 2-EHN. Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan peningkatan karakteristik CPO dengan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) guna menentukan kombinasi suhu dan konsentrasi 2-EHN yang menghasilkan nilai respon optimum. Pada penelitian ini, titik optimum diperoleh pada kombinasi suhu 50°C dan konsentrasi 2-EHN sebesar 2%. Hasil uji karakteristik CPO menunjukkan viskositas sebesar 4,45 cSt; densitas 0,884 gr/ml; angka setana 56,9; dan nilai kalor 9314 kkal/kg.

Kata Kunci: CPO, optimasi, karakteristik, RSM, viskositas, densitas

Abstract. *Indonesia is one of the largest palm oil-producing countries in the world, significantly contributing to global palm oil needs. The use of palm oil as fuel is generally achieved through the biodiesel manufacturing process; however, this process remains costly and thus less economical. Additionally, the primary obstacle in using crude palm oil (CPO) is its high viscosity, which can cause blockages in the fuel injector channels of diesel engines. Therefore, modifications are necessary to enhance the characteristics of CPO so that it can be used directly as diesel engine fuel. This can be achieved through heating and the addition of 2-EHN additives. This study aimed to optimize the characteristics of CPO using Response Surface Methodology (RSM) to determine the optimal combination of temperature and 2-EHN concentration. The optimal point was identified at a temperature of 50°C and a 2-EHN concentration of 2%. The results of the CPO characteristic test showed a viscosity of 4.45 CSt, a density of 0.884 g/ml, a cetane number of 56.9, and a calorific value of 9314 kcal/kg*

Keywords: *CPO, optimization, characteristic, RSM, viscosity, density*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia yang telah berkontribusi untuk mengisi kebutuhan minyak sawit dunia. Di Indonesia produksi *Crude Palm oil* (CPO) setiap tahunnya mengalami peningkatan. Menurut survei yang dilakukan Dirjen Perkebunan (2020), tercatat produksi *Crude palm oil* (CPO) pada tahun 2017 sebesar 37,9 juta ton per tahun dan mengalami perkembangan begitu pesat sampai tahun 2021 tercatat produksi *Crude palm oil* (CPO) di Indonesia sebesar 49,7 juta ton per tahun. Mengingat begitu besar produksi *Crude palm oil* (CPO) di Indonesia sehingga dapat dimanfaaatkan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak bumi pada mesin diesel.

Pemanfaatan minyak kelapa sawit sebagai bahan bakar umumnya dilaksanakan melalui proses pembuatan minyak biodiesel. Dimana proses pembuatannya saat ini masih membutuhkan biaya yang cukup tinggi yang terbilang kurang ekonomis. Kondisi ini menjadi salah satu alasan yang memicu untuk meneliti lebih jauh penggunaan *crude palm oil* (CPO) sebagai alternatif bahan bakar mesin diesel. Salah satu kendala utama dalam penggunaan minyak nabati pada *crude palm oil* (CPO) adalah viskositasnya yang tinggi, karena dapat menyebabkan tersumbatnya saluran injektor bahan bakar pada mesin diesel. Oleh karena itu, minyak nabati tidak dapat digunakan secara langsung pada mesin diesel di suhu ruangan.

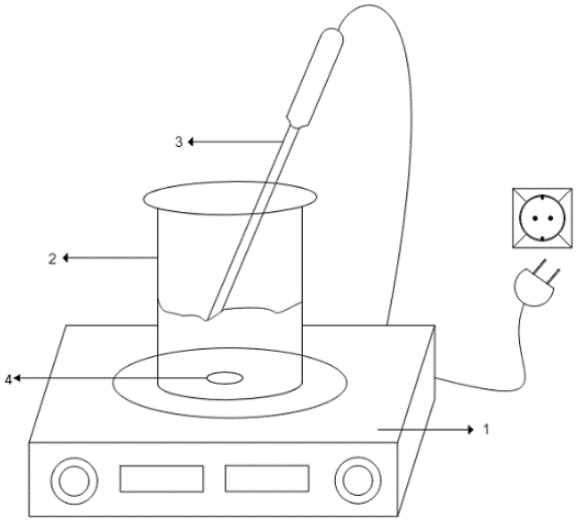
Untuk mengurangi viskositas minyak nabati dapat dilakukan dengan metode pemanasan. Pemanasan merupakan salah satu metode efektif yang dapat digunakan agar minyak nabati dapat di manfaatkan sebagai bahan bakar. Minyak nabati seperti *crude palm*

oil (CPO) perlu dipanaskan pada suhu yang cukup tinggi untuk menghasilkan viskositas yang rendah seperti solar. Namun juga tidak terlalu tinggi agar tidak merusak sistem injeksi pada mesin diesel. Suhu bepengaruh terhadap suatu nilai viskositas. Penelitian Mariono dkk (2023) Semakin besar temperatur fluida, maka semakin kecil pula viskositasnya. Dengan kata lain temperatur fluida berbanding terbalik dengan viskositas. Penelitian Hasoloan (2008) viskositas *crude palam oil* (CPO) bisa digunakan sebagai bahan bakar diesel apabila dipanaskan mencapai rentang suhu 90˚C-100˚C agar didapatkan nilai viskositas yang sama dengan nilai viskositas biodiesel. Penelitian Haryadi dkk. (2007) *crude palm oil* (CPO) dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel pada peforma terbaiknya ketika dipanaskan mencapai suhu 95 ˚C. Menurut penelitian Bari dkk. (2002) CPO harus di panaskan lebih dari suhu 60 ˚C, untuk memastikan CPO tidak kembali memadat dan disarankan untuk memanaskan hingga 80 C sebelum CPO diinjeksikan ke mesin diesel.

Mengingat tingginya suhu yang harus digunakan untuk menurunkan viskositas CPO murni. Maka perlu adanya penambahan zat aditif yang dapat di gunakan untuk menurunkan nilai viskositas serta meningkatkan angka setana pada CPO. Salah satu zat aditif yang dapat digunakan adalah *2-ethylhexyl nitrate (2-EHN). 2-ethyl hexyl nitrate (2-EHN)* dipilih karena memiliki karakteristik yang dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik CPO agar dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar alternatif diesel (Simsek dan Uslu 2020). Selain itu penggunaan *2-Ethylhexyl nitrate (2-EHN)* dapat mengurangi emisi gas buang NO_x dan CO pada mesin diesel, meningkatkan kualitas pembakaran, mengurangi *knocking* pada mesin, serta meningkatkan kinerja mesin (Pan dkk., 2018). Menimbang beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, peneliti ingin menggabungkan dua metode yaitu pemansan dan penambahan zat aditif berupa *2-Ethylhexyl nitrate (2-EHN)* untuk meningkatkan karakteristik CPO agar sesuai dengan karakteristik biodiesel yang telah ditetapkan oleh SNI sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak bumi untuk mesin diesel. Pada penelitian ini digunakan metode optimasi *Respon Surface Methodology* (RSM) untuk menentukan nilai faktor terbaik agar dapat menghasilkan nilai respon yang optimum terkait kombinasi antara suhu dan konsentrasi 2-EHN.

METODE

Pada penelitian ini menggunakan bahan baku berupa *crude palm oil* (CPO) yang didapatkan dari PT Salim Infomas Surabaya, zat aditif *2-Ethyl hexyl nitrate (2-EHN)*, aquadest, dan asam fosfat. Penelitian ini menggunakan beberapa alat yaitu hotplate magnetic stirrer, viskometer ostwald, bola hisap, gelas ukur, piknometer, thermocouple, corong kaca, erlenmeyer, neraca analitik, kaca arloji, batang pengaduk, centrifuge, kertas saring, pipet tetes, dan beaker glass.



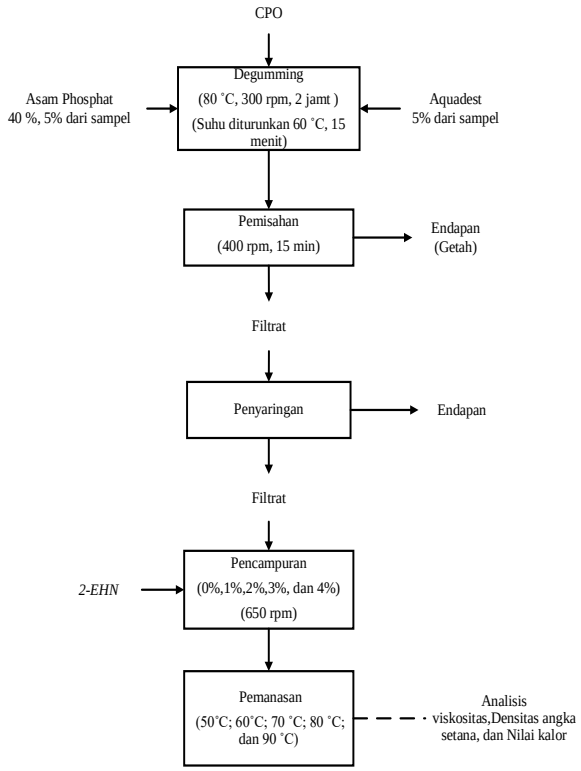
Sumber: data olahan

Gambar 1
Rangkaian Alat Percobaan

Langkah yang harus dilakukan adalah menyiapkan bahan baku CPO sesuai dengan yang ditetapkan yaitu 250 ml. Pada proses degumming CPO dipanaskan mencapai suhu 80°C dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Kemudian tambahkan 5% dari sampel asam phosphat dengan konsentrasi 40% dan didiamkan selama dua jam. Setelah dua jam, suhu diturunkan hingga mencapai 60°C dan tambahkan aquadest 5% dari sampel. Pada proses pemisahan digunakan centrifuge dengan kecepatan 400 rpm selama 15 menit untuk memisahkan padatan berupa getah pada CPO dari hasil proses degumming. Selanjutnya cairan yang didapatkan disaring kembali menggunakan kertas saring.

CPO yang telah disaring ditambahkan zat aditif *2-Ethyl hexyl nitrate* (2-EHN) dengan konsentrasi persen volume sebesar 0%; 1%

;2%; 3%; dan 4%. Pada proses selanjutnya CPO yang telah dicampur dengan zat aditif dipanaskan menggunakan *hotplate magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 650 rpm dan variasi suhu sebesar 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, dan 90°C. Proses pengambilan produk dapat dilakukan setelah proses pemanasan CPO selesai. Pada proses ini produk diambil untuk dianalisis karakteristiknya (viskositas, densitas, angka setana, dan nilai kalor).



Sumber: data olahan

Gambar 2
Diagram Alir Percobaan

HASIL

Data hasil analisis percobaan dengan faktor temperature dan konsentrasi 2-EHN terhadap respon densitas dan viskositas dari tiga belas percobaan yang disarankan oleh aplikasi *Design Expert* 13 dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 diperoleh hasil pengolahan data untuk menentukan jenis model yang digunakan untuk proses optimasi melalui metode *Respon Surface Methodology* (RSM) yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1
Data Hasil Analisis Percobaan

Run	Faktor Temperatur (C)	Faktor 2-EHN (%)	Densitas (g/ml)	Viskositas (cSt)
1	70	2	0.86495	3.63
2	70	4	0.86257	3.48
3	50	0	0.88773	4.65
4	70	2	0.86495	3.63
5	90	0	0.85757	3.33
6	50	4	0.88187	4.36
7	50	2	0.88563	4.45
8	70	0	0.86898	3.82
9	70	2	0.86495	3.63
10	90	2	0.85612	3.28
11	70	2	0.86495	3.63
12	70	2	0.86495	3.63
13	90	4	0.85334	3.23

Sumber : data olahan

Tabel 2
Ringkasan Model Statistik Respon Viskositas

Source	Std.Dev	R^2	Adjusted R^2	Predicted R^2	PRESS	
Linear	0,1472	0.9130	0.8955	0.8224	0.4422	
2FI	0,1519	0.9166	0.8888	0.6377	0.9019	
Quadratic	0,0339	0.9968	0.9945	0.9671	0.0819	Suggested
Cubic	0,1128	0,9134	0,9116	0.8982	0.0045	Aliased

Sumber : data olahan

Tabel 3
Ringkasan Model Statistik Respon Densitas

Source	Std.Dev	R^2	Adjusted R^2	Predicted R^2	PRESS	
Linear	0,0030	0.9371	0.9245	0.8829	0.0002	
2FI	0,0032	0.9376	0.9168	0.7785	0.0003	
Quadratic	0,0006	0.9984	0.9972	0.9874	0.0001	Suggested
Cubic	0,0026	0.9988	0.9971	0.8616	0.0002	Aliased

Sumber : data olahan

Pemilihan model didasarkan pada ringkasan model statistik *Respon Surface Methodology* (RSM) yang telah dianalisis menggunakan aplikasi *Design Expert* 13. Model *quadratic* disarankan dibandingkan model lainnya karena memiliki standar deviasi yang lebih kecil yaitu 0,0339 untuk respon viskositas dan 0,0006 untuk respon densitas. Model *cubic* sudah terlihat tidak signifikan dinyatakan sebagai *Aliased* yang menunjukan bahwa tidak semua parameter model *cubic* dapat diperkirakan secara sepesifik. Pada model *quadratic* nilai R^2 masing-masing respon yaitu viskositas dan densitas adalah sebesar 0,9968 dan 0,9984. Menurut Perkasa dkk. (2021) nilai R^2 yang besar menunjukkan korelasi yang tinggi antar variabel. Hal tersebut menunjukkan bahwa faktor temperature dan penambahan zat aditif 2-EHN memiliki pengaruh yang besar terhadap nilai viskositas dan densitas. Menurut Sanny dan Dewi (2020) interpretasi terhadap koefisien determinasi atau nilai R^2 yang berkisar antara (0,800-1,000) dinyatakan sebagai tingkat hubungan antar variabel independen dan dependen yang sangat kuat. Pada pemilihan model yang didasarkan pada ringkasan model statistik *Response Surface Methodology* (RSM) menggunakan aplikasi *Design Expert 13*, disarankan untuk menggunakan model *quadratic* dimana model tersebut memiliki nilai R^2 sebesar 0,9968 dan 0,9984 yang mana nilai tersebut tergolong pada interval koefisien dengan tingkat hubungan yang sangat kuat antara variabel independent terhadap variabel dependen.

Pada model *quadratic* memiliki nilai *adjusted* R^2 yang paling besar diantara model lainnya yaitu sebesar 0,9945 untuk respon viskositas dan 0,9972 untuk respon densitas. Menurut Hendrawan dkk. (2017), nilai *adjusted* R^2 berguna sebagai penyamarataan R^2 pada populasi yang dikarenakan terdapat bagian perkiraan populasi didalamnya. Berdasarkan tabel terdapat nilai *PRESS* (predicted error sum of squares). Model *cuadratic* memiliki nilai *PRESS* yang paling kecil yaitu sebesar 0,0819 untuk respon viskositas dan 0,0001 untuk respon densitas. Semakin kecil nilai *PRESS* menujukan bahwa hasil prediksi yang diperoleh semakin baik. Nilai *predicted* R^2 diperoleh berdasarkan nilai *PRESS* dimana Nilai *predicted* R^2 viskositas sebesar 0,9671 dan densitas sebesar 0,9874 dimana nilai tersebut adalah nilai tertinggi diantara pilihan model lainnya.

Hasil *analisis of variance* atau ANOVA untuk respon viskositas dan densitas dengan model *quadratic* dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5 diperoleh hasil *analisis of variance* (ANOVA) untuk menginterpretasikan hubungan antara variabel temperature dengan konsentrasi 2-EHN terhadap respon viskositas dan densitas. Keterangan *significant* diperoleh apabila nilai *prob-value* kurang dari 0,05 (5%). Model yang digunakan memiliki pengaruh nyata terhadap respon atau *significant* dikarenakan memiliki *p-value* kecil dari 0,0001 untuk masing-masing respon yaitu viskositas dan densitas. Untuk variabel A (Temperatur) dan B (% 2-EHN) terhadap respon viskositas dan densitas memiliki nilai *p-value* yang sama yaitu kecil dari 0,0001. Hal ini menyatakan bahwa variabel temperature dan konsentrasi 2-EHN memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon viskositas dan densitas.

Tabel 4
Hasil ANOVA Pada Respon Viskositas Model Quadratic

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	2.48	5	0.4963	431.28	< 0.0001	significant
R^2	0.9968					
Adjusted R^2	0.9945					
Predicted R^2	0.9671					
Adeq Precision	62.9170					

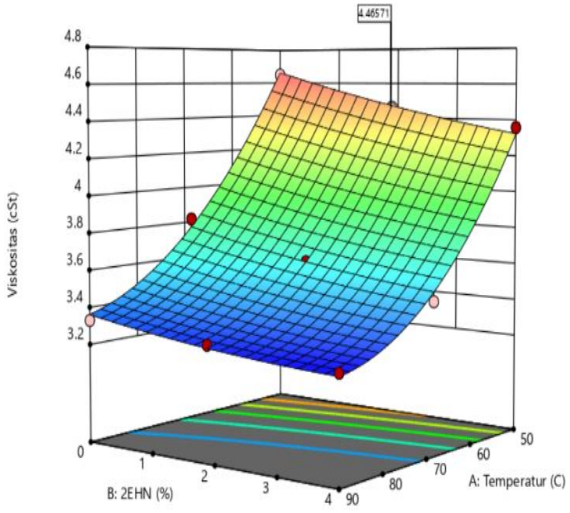
Sumber : data olahan

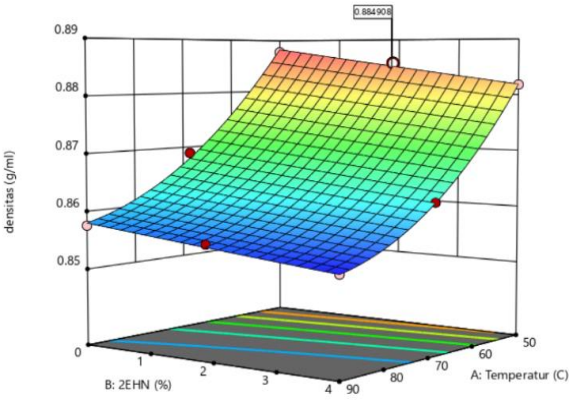
Tabel 5
Hasil ANOVA Pada Respon Densitas Model Quadratic

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0.0014	5	0.0003	856.99	< 0.0001	significant
R^2	0.9984					
Adjusted R^2	0.9972					
Predicted R^2	0.9874					
Adeq Precision	88.9366					

Sumber: data olahan

Nilai *adjusted* R^2 dan *predicted* R^2 untuk respon viskositas secara berturut yaitu sebesar 0,9945 dan 0,9671 yang berarti memiliki nilai yang *reasonable* dikarenakan selisihnya kurang dari 0,2. Nilai *adeq precision* sangat baik karena memiliki nilai lebih besar dari 4 yaitu 62,9170. Sedangkan untuk respon densitas nilai Nilai adjusted R^2 dan predicted R^2 berturut sebesar 0,9972 dan 0,9874 yang berarti memiliki nilai yang *reasonable* dikarenakan selisihnya kurang dari 0,2. Nilai *adeq precision* sangat baik karena memiliki nilai lebih besar dari 4 yaitu 88,9366. Secara umum nilai R^2 yang besar menunjukan bahwa terdapat kesesuaian yang baik antara data prediksi dan data percobaaan.





Sumber: data olahan

Gambar 3
Grafik 3D respon viskositas dan densitas pada titik optimum

Bedasarkan perubahan warna yang terjadi pada kurva Semakin merah menyebabkan semakin tinggi nilai respon yang dihasilkan begitupun sebaliknya semakin berwarna biru semakin rendah nilai respon yang dihasilkan akibat pengaruh dari variabel bebas (Perkasa dkk., 2021). Grafik respon viskositas dan densitas mengalami penurunan seiring dengan bertamabahnya temperatur pemanasan dan kadar 2-EHN yang ditambahkan (Maulana dkk., 2023). Optimasi pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai faktor terbaik agar dapat menghasilkan nilai respon yang optimum. Selain itu peneliti juga mempertimbangan faktor temperatur sehingga penggunaan energi untuk pemanasan dapat diminimalisir atau lebih efisien.

Tabel 6
Solusi Optimal berdasarkan RSM Design Expert 13

Temperatur (˚C)	Konsentrasi 2-EHN (%)	Viskositas (CSt)	Densitas (g/ml)	Desirability
50	2	4,47	0,885	1

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui solusi yang didapatkan dari sistem perhitungan *Design Expert 13*. Titik optimum dengan hasil respon terbaik diproleh pada kombinasi temperatur 50˚C dan konsentrasi 2-EHN 2%. Berdasarkan kombinasi variabel tersebut maka diperoleh nilai viskositas sebesar 4,47 cSt dan nilai densitas sebesar 0,885 g/ml. Menurut Ernes dkk. (2014) nilai *desirability* 1 (satu) mengindikasikan *the perfect case*, dengan kata lain nilai *desirability* 1 (satu) menunjukan bahwa suatu kondisi atau hasil sesuai dengan harapan atau tujuan yang dinginkan. Kombinasi formula antar variabel yang diproleh berdasarkan prediksi model diverifikasi dengan melakukan percobaan kembali berdasarkan solusi yang diproleh sebanyak dua kali perulangan.

Tabel 7
Verifikasi Solusi formula optimum nilai viskositas dan densitas

Variabel	Solusi Optimum Design Expert 13	Viskositas (cSt)		Densitas (g/ml)	
		Prediksi	Aktual	Prediksi	Aktual
Temperatur (˚C)	50	4,47	4,44	0,885	0,884
Konsentrasi 2-EHN (%)	2				

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai viskositas dan densitas yang diperoleh berdasarkan percobaan secara langsung dengan kombinasi variabel temperatur 50˚C dengan konsentrasi 2-EHN 2% yaitu sebesar 4,44 cSt dan 0,884 g/ml. angka tersebut diperoleh berdasarkan rata-rata dari dua kali percobaan yang telah dilakukan. Menurut Hendrawan dkk. (2017) hasil validasi dikatakan baik apabila memiliki Tingkat kesalahan atau galat kurang dari 5% antara hasil predikisi dengan actual. Nilai viskositas memiliki nilai galat sebesar 0,67568 % antara hasil prediksi dengan actual sedngkan untuk nilai densitas memiliki galat sebesar 0,12843 %. Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa penelitian tersebut adalah valid.

Tabel 8
Hasil Analisa karakteristik *crude palm oil* (CPO)

No	Parameter	Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	SNI Biodiesel
1	Densitas 50˚C (g/ml)	0,899	0,884	0,85 - 0,89
2	Viskositas 50˚C (cSt)	16	4,44	2,3 - 6
3	Nilai kalor (Kkal/kg)	9336	9314	9063,0 - 9536,8
4	Angka setana	37,52	56,9	Min-51

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwasanya terdapat perubahan yang terjadi terkait dengan parameter karakteristik *crude palm oil* (CPO) sebelum dan sesudah adanya perlakuan. Dimana parameter viskositas dan densitas mengalami penurunan setelah adanya perlakuan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Afansah dan Susila (2020) adanya proses degumming berpengaruh nyata terhadap penurunan nilai viskositas dan densitas CPO. Hal tersebut terjadi karena pada degumming terjadi proses pengikatan gum dan impuritis pada CPO (Mahmud, 2019). Pada parameter angka setana mengalami kenaikan setelah adanya perlakuan, hal tersebut dipengaruhi dengan adanya penambahan zat aditif 2-EHN yang bertindak sebagai cetane improver. Sedangkan untuk parameter nilai kalor cenderung relative tidak mengalami perubahan. Menurut Oliveira & Balaban (2006) nilai kalor suatu minyak dipengaruhi oleh panjang rantai karbon yang dimiliki oleh minyak tersebut, semakin Panjang rantai karbon yang dimiliki oleh minyak tersebut semakin besar nilai kalornya begitupun sebaliknya semakin pendek rantai karbon yang di miliki oleh minyak tersebut semakin kecil nilai

kalornya. Berdasarkan titik optimum viskositas dan densitas didapatkan hasil analisa karakteristik CPO sesuai dengan standar nasional Indonesia (SNI) biodiesel.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kondisi optimal pada peningkatan karakteristik CPO sebagai bahan bakar diesel menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) pada *software Design Expert 13* yaitu pada temperatur pemanasan 50°C dan konsentrasi zat aditif (2-EHN) 2%. Dengan adanya Pemanasan dan pencampuran zat aditif tersebut dapat meningkatkan karakteristik CPO. Hasil uji karakteristik CPO menunjukkan viskositas sebesar 4,45 cst; densitas 0,884 gr/ml; angka setana sebesar 56,9 ; dan nilai kalor sebesar 9314 kkal/kg.

DAFTAR PUSTAKA

Afansah, B.F, Susila, I.W. 2020. Pengaruh Volume Asam Fosfat (H_3Po_4) Dalam Proses Degumming Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Bahan Baku Biji Buah Bintaro Metode Katalis. *Jurnal Jtm*. 8(2). 101-110.

Bari, S, Lim, T. H , & Yu, C. W. 2002. Effects Of Preheating Of Crude Palm Oil (Cpo) On Injection System, Performance And Emission Of A Diesel Engine. *Journal Reneable Energy*. 27. 339-351

Direktoriat Jenderal Perkebunan. 2020. *Statistik Perkebunan Unggulan Naional*.

Ernes, A, Ratnawati, L, Wardani, A.K, Kusnadi, J. 2014. Optimasi Fermentasi Bagas Tebu oleh Zymomonas Mobilis CP4 (NRRLB-14023) Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Agritech*, 34(03), P. 247-256.

Haryadi, Reksowardjojo, I.K, Maridjo. 2007. Pemanfaatan Minyak Kelapa Sawit Mentah (Cpo) Sebagai Bahan Bakar Pada Motor Diesel. *Jurnal Spektrum Teknologi*. 14(2). 13-19.

Hasoloan, R.R. 2008. Studi Pemanfaatan Minyak Kelpa Sawit (CPO) sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel. *Tesis*. Universitas Indonesia.

Hendrawan, Y, Sumarlan, S.H, Argo, B,D, Kusuma F.M. 2017. Rancang Bangun Fungsional Alat Pervaporasi Dan Optimasi Kadar Etanol Dengan Variabel Suhu Feed Dan Tekanan Pada Sisi Permeat Meggunakan Response Surface Methodology. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(2), 129–137.

Mahmud, S.F. 2019. Proses Pengolahan Cpo (Crude Palm Oil) Menjadi Rbdpo (Refined Bleached And Deodorized Palm Oil) Di Pt Xyz Dumai. *Jurnal Unitek*. 12(1). 55-64

Mariono, Wahyudi, Nadjib, M. 2023. Pengaruh Densitas Dan Viskositas Terhadap Karakteristik Injeksi Pada Campuran Biodiesel Jatropha-Jelantah. *Jurnal Material Dan Proses Manufaktur*. 7(1). 44-52.

Maulana, S., Syahid, D. N., Widjnarko, D., Setiyawan, A., Artikel, S., & Kunci, K. 2023. Pengaruh Pemanasan Awal (Pre-Heater) Bahan Bakar Terhadap Performa Mesin Diesel Dengan Pemanas Kontrol Otomatis Di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Ft Unnes. *Journal Of Mechanical Engineering Learning*. 12(1). 1-10

Oliveira, A.C.M, Balaban, M.O. 2006. Comparison Of A Colorimeter With A Machine Vision System In Measuring Color Of Gulf Of Mexico Sturgeon Fillets. American Society Of Agricultural And Biological Engineers Issn 0883−8542. Vol. 22(4): 583-587

Pan, M., Huang, R., Liao, J., Ouyang, T., Zheng, Z., Lv, D., & Huang, H. 2018. Effect Of Egr Dilution On Combustion, Performance And Emission Characteristics Of A Diesel Engine Fueled With N-Pentanol And 2-Ethylhexyl Nitrate Additive. *Journal Energy Conversion And Management*. 176. 246–255.

Perkasa, B.H., Kusnadi, J, Murtini, E.S. 2021. Optimasi Penambahan Kitosan Dan Lama Perendaman Terhadap Fisikokimia Cabai Keriting (Capsicum Annuum L.) Menggunakan RSM, *Jurnal Pangan Dan Agroindustri.* 9(1) .13–24.

Sanny, B.I, Dewi, R.D. 2020. Pengaruh Net interest margin (NIM) terhadap return on asset (ROA) pada PT Bank pembangunan daerah jawa barat dan banten Tbk periode 2013-2017. *Jurnal E-Bis (Ekonomi- Bisnis)*. 4(2). 78-87.

Simsek, S, Uslu, S. 2020. Investigation Of The Effects Of Biodiesel/2-Ethylhexyl

Nitrate (Ehn) Fuel Blends On Diesel Engine Performance And Emissions By Response Surface Methodology (RSM).*Journal Fuel*. 275. 1-10.