

Pengoptimalan Proses Pemurnian Biodiesel Pada Unit Refinery PT. X

Betman Herianto¹, Wetri Febrina², Surya Indrawan³, Widya Fitriana⁴

^{1,2,3}) Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai,

² Jurusan Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang
Jl. Utama Karya Bukit Batrem II Dumai-Riau 28811, Indonesia

Email : wetri.febrina@gmail.com, betmanherianto@gmail.com,

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai optimal tekanan vakum dan suhu pada proses pemurnian biodiesel dengan studi kasus di Unit Refinery PT.X. Untuk penelitian proses pemurnian biodiesel pada proses *methyl ester drying* ini menggunakan metode DOE (*Design Of Experiment*) dan menggunakan ANAVA untuk menyelesaikan masalah pada proses pemurnian biodiesel di *methyl ester drying*. Maka perlu mengeksperimenkan nilai tekanan vakum (300, 270, 240, 210) mbar dan suhu (125, 130, 135, 140, 145) °C. Hasil penelitian pada proses eksperimen yang dilakukan pada tekanan vakum 300 mbar dan suhu 125 °C maka diperoleh rata-rata kandungan air adalah 387 ppm dan tekanan vakum 210 mbar dan suhu 145 °C maka diperoleh rata-rata kandungan air adalah 283 ppm. Proses pemurnian biodiesel yang optimal adalah pada tekanan vakum 210 mbar dan suhu 145°C dengan nilai rata-rata kandungan air pada minyak biodiesel adalah 283 ppm dimana spesifikasi maksimum adalah 300 ppm, sehingga semakin rendah tekanan vakum dan semakin tinggi suhu proses maka jumlah kandungan air yang terdapat dalam minyak biodiesel akan semakin sedikit dan sebaliknya.

Kata kunci: *Design of Experiment, Tekanan Vakum, Methyl Ester Drying*

ABSTRACT

This research aims to determine the optimal values of vacuum pressure and temperature in the biodiesel refining process with a case study at the PT.X Refinery Unit. To research the biodiesel purification process in the process *methyl ester drying* This uses the Design of Experiment (DoE) method and using ANOVA to solve problems in the biodiesel purification process in *methyl ester drying*. So it is necessary to experiment with the value of vacuum pressure (300, 270, 240, 210) mbar and temperature (125, 130, 135, 140, 145) °C. Results of research on the experimental process carried out at a vacuum pressure of 300 mbar and a temperature of 125 °C, the average water content is 387 ppm and the vacuum pressure is 210 mbar and the temperature is 145 °C, the average water content is 283 ppm. The optimal biodiesel purification process is at a vacuum pressure of 210 mbar and a temperature of 145 °C with an average value of water content in biodiesel oil is 283 ppm where the maximum specification is 300 ppm, so the lower the vacuum pressure and the higher the process temperature, the less water content in biodiesel oil and vice versa.

Keywords: *Design of Experiment, Vacuum Pressure, Methyl Ester Drying*

Pendahuluan

Seiring dengan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam, membuat perhatian dunia beralih pada bahan bakar terbarukan yang dicanangkan sebagai sumber energi masa depan. Bahan bakar terbarukan merupakan istilah yang mengacu pada bahan bakar alternatif yang bisa diproduksi secara terus menerus dalam waktu yang lebih singkat yang bukan berasal dari hasil pengolahan minyak bumi dan batu bara. Contohnya adalah biodiesel dari minyak nabati, bioethanol dari pati dan selulosa, dan biogas dari kotoran hewan ternak. Kebutuhan akan bahan bakar terbarukan ini untuk menggantikan bahan bakar fosil meningkatkan gairah penelitian baik dari kalangan akademisi maupun industri untuk meningkatkan performa bahan bakar terbarukan ini (Febrina, 2018; Febrina et al., 2016; Fitriana & Febrina, 2021)

Salah satu bahan bakar terbarukan ini adalah biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin-mesin diesel selain solar yang banyak digunakan sebagai bahan bakar industri maupun kendaraan. Nama biodiesel telah disetujui oleh *Department of Energi (DOE)*, *Environmental Protection Agency (EPA)* dan *American Society of Testing Material (ASTM)* sebagai nama dagang untuk *methyl ester* dari hasil reaksi esterifikasi trigliserida minyak nabati. Penamaan biodiesel di stasiun penjualan bahan bakar diberi singkatan B yang diikuti persentase komposisi biodiesel tersebut terhadap solar. Biodiesel yang ditulis dengan B100, menunjukkan bahwa biodiesel tersebut murni 100% *methyl ester*. Biodiesel campuran ditul BXX, yang mana XX menyatakan persentase komposisi biodiesel yang terdapat dalam campuran. B20 berarti terdapat biodiesel 20% dan minyak solar 80% (Dyah, 2011).

Biodiesel diperoleh dari transesterifikasi minyak nabati dengan rantai -OH pendek, dengan atau tanpa menggunakan katalis. Banyak kontaminan yang masih terkandung dalam biodiesel mentah, tergantung pada teknologi transesterifikasi yang digunakan. Pengotor seperti sisa metanol, gliserol, sabun, katalis, fosfolipid, air dan gliserida yang tidak bereaksi masih dapat ditemukan, sehingga dapat berdampak buruk terhadap kinerja mesin sehingga pengotor harus dihilangkan (Efrina, Anwar Kasim, Tuty Anggraini, Novelina, 2019). Untuk pengoptimalan proses produksi biodiesel, diperlukan proses pemurnian yang sesuai dengan standar SNI 7182 : 2015 (Pertamina) dan *European Standar*.

Pada proses pengolahan biodiesel tersebut masih ada potensi untuk meningkatkan proses pemurnian biodiesel seperti belum ditentukannya berapa standar tekanan vakum dan suhu yang lebih optimal pada proses pemurnian biodiesel sehingga masih ada ditemukan jumlah kadar air / kandungan air diatas standar yang sudah ditentukan, dan untuk memecahkan persoalan tersebut diperlukan usaha pengoptimalan untuk pemurnian biodiesel dengan menggunakan konsep desain dan analisis eksperimen (Zunet et al., 2023). Adapun variabel-variabel proses yang mempengaruhi adalah seperti tekanan vakum dan suhu, pada proses *methyl ester drying* di *coloum 163 C1*. Pada kasus ini akan dilakukan analisa terlebih dahulu bagaimana untuk meningkatkan kualitas pada

produk akhir biodiesel, dengan langkah-langkah dan usaha yang akan dilakukan untuk pengoptimalan proses pemurnian biodiesel menjadi lebih baik dari sebelumnya.

Standar mutu biodiesel yang diproduksi di Indonesia adalah SNI 7182:2015. Standar ini menetapkan persyaratan mutu dan metode uji biodiesel sebagai bahan bakar substitusi atau campuran (*blending*) dengan minyak diesel fosil yang memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditetapkan oleh instansi yang berwenang. Sebagai bahan bakar, biodiesel harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Persyaratan Biodiesel yang ditetapkan oleh SNI

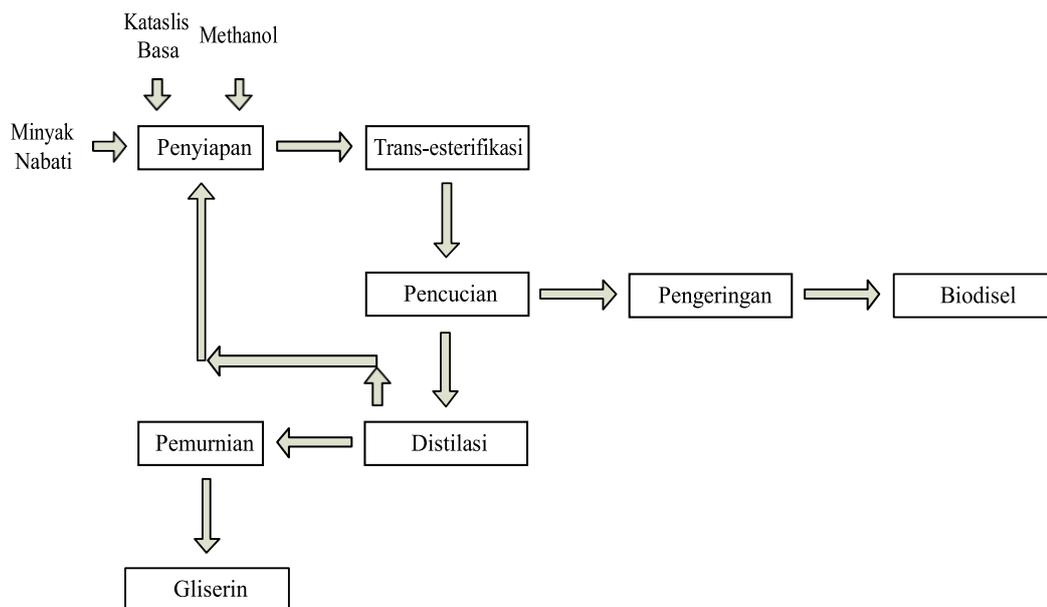
No	Parameter	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada suhu 40 °C	kg/m ³	850 - 890
2	Viskositas kinematik pada suhu 40 °C	mm ² /s (cSt)	2.3 - 6,0
3	Angka setana		51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	min	100
5	Titik kabut	°C, min	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)	°C, maks	Nomor 1
7	Residu karbon - dalam percontoh asli; atau - dalam 10 % ampas distilasi	%-massa, maks	0.05 0.3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0.05
9	Suhu distilasi 90 %	oC, maks	360
10	Kandungan air	mg/kg, maks	500
11	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0.02
12	Belerang	mg/kg, maks	50
13	Fosfor	mg/kg, maks	4
14	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0.5
15	Gliserol bebas	%-massa, maks	0.02
16	Gliserol total	%-massa, maks	0.24
17	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
18	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g), maks	115
19	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat atau Periode induksi metode petro oksidasi	menit	480
20	Monogliserida	%-massa, maks	36 0.8

Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2015

Proses Kegiatan Produksi Biodiesel

1. Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (misalnya metanol) menjadi alkohol ester (*Fatty Acid Methyl Ester/FAME*), atau yang biasa disebut biodiesel. Agar reaksi ini dapat bereaksi maksimal maka digunakan metanol berlebih dan katalis cair yaitu *sodium methylate*. Pencampuran reaksi ini terjadi antara suhu 60 - 65 °C, secara aktual mereaksikannya berkisar pada suhu 62 °C, untuk menjaga suhu ini agar tetap stabil maka fluida dimasukkan terlebih dulu ke *exchanger* dan untuk menghasilkan reaksi yang homogen maka digunakan *mixer* kemudian *fluida* dipompakan ke reaktor (*coulum*). Metanol dan *sodium methylate* di pompakan menggunakan pompa dosing sebelum *mixer*, inilah yang dinamakan *dosing stage 1*. Dalam reaktor akan terbentuk fasa ringan (*light phase*) dan fasa berat (*heavy phase*) dimana pemisahannya terjadi secara gravitasi. Fasa berat yang terbentuk akan dialirkan ke tangki *heavy phase* sementara fasa ringannya akan dimasukkan ke separator 1 dengan putaran tinggi biasanya berkisar 4500 rpm sehingga *heavy phase* yang masih terikat (mengemulsi) di *light phase* dapat dipisahkan. *Light phase* yang dihasilkan dari separator dialirkan ke *couloum* 3 dan 4 sementara *heavy phasenya* dimasukkan ke tangki *heavy phase*. Namun sebelum masuk ke *couloum* 3 dan 4 akan dipompa lagi menggunakan pompa *dosing* metanol dan *sodium methylate* atau (*dosing stage 2*) yang bertujuan untuk mereaksikan minyak (RPO) yang belum bereaksi. Dalam hal ini suhu reaksi juga sangat penting untuk diperhatikan. Dalam *couloum* 3 dan 4 ini pemisahan *light phase* dan *heavy phase* juga terjadi secara gravitasi. *Light phase* yang dihasilkan dari *couloum* 4 kemudian dimasukkan ke separator 2 dimana fungsinya sama pada separator 1 yaitu memisahkan kembali fasa berat yang ada dari biodiesel.



Gambar 1. *Flow Chart* Produksi Biodiesel

2. *Wash Water and Drying Section*

Biodiesel yang dihasilkan dari separator 2 dialirkan ke mixer lalu ke separator 3 dan 4. Dalam tahap ini akan kita lakukan *washing* untuk pemurnian PME. Untuk pemurnian PME ini kita gunakan *dosing phosphoric acid* dengan menjaga pH air pencuci adalah 2. Pemurnian *crude methylester* dilakukan dengan dua tahap pencucian, yang disebut dengan *methode counter current*. Maksud dari aliran *counter current* disini adalah air pencuci *separator final* (separator # 4) yang merupakan *heavy phase* digunakan kembali untuk air pencuci (separator # 3), namun disini harus di jaga pH separator final 3 - 4.

Tujuan ditambahkan air pencuci adalah untuk menghentikan reaksi dan mengikat *gum-gum* maupun metanol yang terkandung dalam biodiesel. Setelah itu phase ringan yang berasal dari separator 4 dialirkan ke tangki PME (*PME intermedite tank*). Dari tangki ini kemudian dipompakan ke *vacum dryer* dengan suhu berkisar antara 135 °C - 137 °C. Untuk mendapatkan suhu tersebut maka kita masukkan terlebih dahulu ke *heat-exchanger* yang bertujuan untuk memudahkan *vacuum* menarik uap air dalam biodiesel itu sendiri. Selain itu *vacuum* juga berfungsi untuk mengurangi kadar metanol dan soap dalam *methylester*. Setelah dari PME *dryer* minyak biodiesel dipompakan ke *economizer* lalu didinginkan dalam *exchanger cooler* dan kemudian di timbun ke tangki biodiesel (*PME Storage Tank*).

Pembahasan data penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Design of Experiment* (DoE). Menurut sejarah, metode *Design of Experiment* (DoE) dikembangkan oleh Sir Ronald A Fisher (1920), seorang bangsawan Inggris tentang efek berbagai variable (Febrina et al., 2022). Dalam aplikasi awalnya, bangsawan itu ingin menemukan berapa banyak hujan, air, pupuk dan sinar matahari yang diperlukan untuk hasil panen terbaik. Metode DoE sekarang telah berkembang menjadi suatu alat statistik yang berguna untuk memahami karakteristik proses (Yusvita et al., 2021). Keuntungan dari DoE adalah : 1). Untuk menyediakan informasi lebih setiap percobaan dibandingkan dengan percobaan yang tidak direncanakan. 2). Untuk mengorganisir pengumpulan data dan informasi analisa. 3). Untuk menilai keandalan informasi dilihat dari sudut variasi analitis dan bersifat percobaan. 4). Untuk melihat interaksi dari variable bersifat percobaan, mendorong kearah prediksi dari tanggapan data di area yang tidak lebih secara langsung dicakup oleh percobaan (Febrina et al., 2017; Montgomery, 2001).

Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan pada unit *refinery* sebuah perusahaan X yang merupakan perusahaan yang memproduksi produk turunan kelapa sawit, yaitu biodiesel. Waktu penelitian dilaksanakan pada Oktober 2021 sampai dengan Juli 2022. Penelitian ini menggunakan metode *design of experiment* (DoE) yaitu desain acak sempurna

dengan dua faktor (Febrina & Mesra, 2020). Disini akan dibandingkan seluruh pasangan rata-rata perlakuan. Secara umum rumusan hipotesis ditulis sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

Populasi dan Sampel

Populasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah sistem *methylester drying* pada proses *transesterifikasi* di ME Plant PT X. Sampel yang diambil adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki populasi yaitu minyak biodisel dengan tekanan vakum dan suhu yang berbeda. Merujuk dari model dan konsep penelitian *Desain Of Experiment* untuk desain faktorial (Suwanda, 2011) dengan 2 faktor dan 4 parameter tekanan vakum yang berbeda (300, 270, 240, 210) mbar dan 5 parameter suhu yang berbeda (125, 130, 135, 140, 145) °C dengan 5 kali ulangan maka sampel yang diperlukan adalah sebanyak 100 sampel.

Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data yang dilakukan adalah pengumpulan data penelitian *experiment* yang di laksanakan di pabrik biodisel. Data yang diperlukan adalah data hasil pengolahan minyak biodisel yaitu dengan cara merubah tekanan vakum dan suhu pada proses *methylester drying*.

Tabel 2. Rancangan Acak Lengkap Dua Faktor Hasil Eksperimen Pengaruh TekananVakum 300 mbar dan Suhu Berbeda dengan 5 kali Ulangan

Tekanan Vakum (mbar)	Suhu (°C)					Total Baris y_i
	125	130	135	140	145	
300	388	386	384	382	380	1920
300	386	384	382	380	378	1910
300	385	383	381	379	377	1905
300	386	384	382	380	378	1910
300	390	388	386	384	382	1930
Total	1935	1925	1915	1905	1895	9575
Kolom y_j						
Rata-rata	387,00	385,00	383,00	381,00	379,00	

Sumber : Data Penelitian, 2022

Tabel 3 Rancangan Acak Lengkap Dua Faktor Hasil Eksperimen Pengaruh TekananVakum 270 mbar dan Suhu Berbeda dengan 5 kali Ulangan

Tekanan Vakum	Suhu (°C)					Total Baris y_i

(mbar)	125	130	135	140	145	
270	306	304	302	291	287	1490
270	303	301	299	288	289	1480
270	300	298	296	292	286	1472
270	304	302	300	290	288	1484
270	303	301	299	291	285	1479
Total	1516	1506	1496	1452	1435	7405
Kolom yj						
Rata-rata	303,20	301,20	299,20	290,40	287,00	

Sumber : Data Penelitian, 2022

Tabel 4 Rancangan Acak Lengkap Dua Faktor Hasil Eksperimen Pengaruh Tekanan Vakum 240 mbar dan Suhu Berbeda dengan 5 kali Ulangan

Tekanan Vakum (mbar)	Suhu (°C)					Total Baris yi
	125	130	135	140	145	
240	304	302	300	289	285	1480
240	301	299	297	286	287	1470
240	298	296	294	290	284	1462
240	302	300	298	288	286	1474
240	301	299	297	289	283	1469
Total	1506	1496	1486	1442	1425	7355
Kolom yj						
Rata-rata	301,20	299,20	297,20	288,40	285,00	

Sumber : Data Penelitian, 2022

Tabel 5 Rancangan Acak Lengkap Dua Faktor Hasil Eksperimen Pengaruh Tekanan Vakum 210 mbar dan Suhu Berbeda dengan 5 kali Ulangan

Tekanan Vakum (mbar)	Suhu (°C)					Total Baris yi
	125	130	135	140	145	
210	302	300	298	287	283	1470
210	299	297	295	284	285	1460
210	296	294	292	288	282	1452
210	300	298	296	286	284	1464
210	299	297	295	287	281	1459
Total	1496	1486	1476	1432	1415	7305
Kolom yj						
Rata-rata	299,20	297,20	295,20	286,40	283,00	

Sumber : Data penelitian, 2022

Untuk membangun analisis variansi diperlukan beberapa besaran seperti total dan *mean* marjinal respon baris dan kolom, total respon dalam sel dan total respon keseluruhan. Adapun pengolahan data *experiment* yang telah dikumpulkan

disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. *Summary* Rancangan Acak Lengkap Faktorial Dua Faktor

Tekanan Vakum (mbar)	Suhu (°C)					Y _i
	125	130	135	140	145	
300	1935,00	1925,00	1915,00	1905,00	1895,00	9575,00
270	1516,00	1506,00	1496,00	1452,00	1435,00	7405,00
240	1506,00	1496,00	1486,00	1442,00	1425,00	7355,00
210	1496,00	1486,00	1476,00	1432,00	1415,00	7305,00
Y _j	6453,00	6413,00	6373,00	6231,00	6170,00	31640,00

Sumber : Data penelitian, 2022

Perhitungan dan analisis dilakukan dengan menggunakan ANOVA (analisis varian) dua faktor yang merupakan prosedur uji hipotesis kompartif untuk *k* sampel (lebih dari dua sampel). Untuk mengetahui pengaruh tekanan vakum dan suhu minyak pada colom 163C1 terhadap jumlah kandungan air pada minyak biodisel, maka disusun langkah perhitungan dan analisis sebagai berikut.

a. Faktor Koreksi

$$FK = (31640)^2 / 100 = 1.001.089.600 / 100 = 10.010.896$$

b. Jumlah Kuadrat Total (JKT) = $(388)^2 + (386)^2 + (385)^2 + (386)^2 + (390)^2 + \dots + (386)^2 = 10.162.474 - 10.010.896 = 151.578$

c. Jumlah Kuadrat Faktor A (JKA) = $(9575)^2 + (7405)^2 + (7355)^2 + (7305)^2 / 25 - 10.010.896 = 10.158.948 - 10.010.896 = 148.052$

d. Jumlah Kuadrat Faktor B (JKB) = $(6453)^2 + (6413)^2 + (6373)^2 + (6231)^2 + (6170)^2 / 20 - 10.010.896 = 10.013.858 - 10.010.896 = 2.962$

e. Jumlah Kuadrat Interaksi AB (JKAB) = $(1935)^2 + (1925)^2 + (1915)^2 + (1905)^2 + (1895)^2 + (1516)^2 + (1506)^2 + \dots + (1415)^2 / 5 - 10.010.896 - 2.687.789 - 2.962 = 10.162.167 - 10.010.896 - 148.052 - 2.962 = 257$

f. Jumlah Kuadrat Galat (JKG) = $151.578 - 148.052 - 2.962 - 257 = 307$

Tabel 7. Tabel ANOVA Pengaruh Tekanan Vakum dan Suhu Terhadap Jumlah Kandungan Air Dalam Minyak Biodisel

Sumber	JK (jumlah Kuadrat Perlakuan)	db (derajat bebas)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Tekanan	148.052	3	49.351	12.852	2,72	4,04
Suhu	2.962	4	741	193	2,49	3,56
Interaksi	257	12	21,42	6	1,88	2,42
Kekeliruan	307	80	3,84			

Total 151.578 99

1. Faktor Tekanan Vakum (A)

Parameter uji : Kandungan air pada minyak biodisel Adapun hipotesis yang digunakan :

H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan dari pengaruh tekanan vakum terhadap kandungan air pada minyak biodisel

H_1 : Ada pengaruh signifikan dari tekanan vakum terhadap kandungan air pada minyak biodisel

F hitung 12.852 > nilai titik kritis, f tabel, $F_{5\%} (3, 80) = 2.72$ maka, tolak H_0 , terdapat perbedaan yang signifikan dari pengaruh tekanan vakum terhadap kandungan air pada minyak biodisel.

F hitung 12.852 > nilai titik kritis, f tabel, $F_{1\%} (3, 80) = 4.04$ maka, tolak H_0 , terdapat perbedaan yang signifikan dari pengaruh tekanan vakum terhadap kandungan air pada minyak biodisel.

2. Faktor Suhu (B)

Parameter uji : Kandungan air pada minyak biodisel Adapun hipotesis yang digunakan :

H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan dari pengaruh suhu terhadap kandungan air pada minyak biodisel

H_1 : Ada pengaruh signifikan dari suhu terhadap kandungan air pada minyak biodisel F hitung 193 > nilai titik kritis, f tabel, $F_{5\%} (4, 80) = 2.49$ maka, tolak H_0 , terdapat perbedaan yang signifikan dari pengaruh suhu terhadap kandungan air pada minyak biodisel.

F hitung 193 > nilai titik kritis, f tabel $F_{1\%} (4, 80) = 3.56$ maka, tolak H_0 , terdapat perbedaan yang signifikan dari pengaruh suhu terhadap kandungan air pada minyak biodisel.

3. Faktor Interaksi Tekanan Vakum dan

Suhu Parameter uji : Kandungan air pada minyak biodisel Adapun hipotesis yang digunakan :

H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan dari interaksi pengaruh tekanan vakum dan suhu terhadap kandungan air pada minyak biodisel

H_1 : Ada pengaruh signifikan dari interaksi tekanan vakum dan suhu terhadap kandungan air pada minyak biodisel

F hitung 6 > nilai titik kritis, f tabel $F_{5\%} (12, 80) = 1.88$ maka, tolak H_0 , terdapat perbedaan yang signifikan dari interaksi ke dua nya yaitu interaksi tekanan vakum dan suhu terhadap kandungan air pada minyak biodisel.

F hitung 6 > nilai titik kritis, f tabel $F_{1\%} (12, 80) = 2.42$ maka, tolak H_0 , terdapat perbedaan yang signifikan dari interaksi ke dua nya yaitu interaksi tekanan vakum dan suhu terhadap kandungan air pada minyak biodisel.

Simpulan

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan yaitu proses pemurnian biodisel yang optimal yaitu pada tekanan vakum 210 mbar dan suhu proses 145°C dengan nilai rata-rata kandungan air pada minyak biodisel adalah 283 ppm. Semakin rendah tekanan vakum dan semakin tinggi suhu proses maka kandungan air yang ada dalam minyak biodisel semakin sedikit dan jika semakin tinggi tekanan vakum dan semakin rendah suhu proses maka kandungan air yang terdapat pada minyak biodisel akan semakin banyak. Kandungan air pada proses pemurnian biodisel sebelum dilakukan perbaikan adalah rata-rata 397 ppm atau diatas spesifikasi maksimum yang diminta yaitu 300 ppm dan kandungan air pada proses pemurnian biodisel setelah dilakukan perbaikan adalah rata-rata 290 ppm dan sudah masuk dalam spesifikasi yang diminta.

Daftar Pustaka

- Dyah, P. S. (2011). *Produksi Biodiesel Dari Mikroalga Chlorella Sp Dengan Metode Esterifikasi In-Situ*. Universitas Diponegoro.
- Efrina, Anwar Kasim, Tuty Anggraini, Novelina, A. A. (2019). Purification of Biodiesel From Crude Palm Oil Using Multistage Portable Fixed Bed Adsorber. *Jurnal Litbang Industri*, 9, 127–133.
- Febrina, W. (2018). Potensi Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Briket Bio Arang. *Unitek* (11), 11(1), 40–50. stt-dmi.web.id
- Febrina, W., & Mesra, T. (2020). Optimum Dosage of Coagulant and Flocculant on Sea Water Purification Process. *Earth and Enviromental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/469/1/012023>
- Febrina, W., Mesra, T., Melliana, Rahmi, H., Indrawan, S., & Yusrizal. (2022). *Metodologi Penelitian di Bidang Teknik*. Deepublish.
- Febrina, W., Soerawidjaja, T., & Purwadi, R. (2016). Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Bagas Sorgum Manis Sebagai Bahan Baku Energi Terbarukan. *SNTIKI*.
- Febrina, W., Susanti, & Arif, M. (2017). Pemakaian Steam Pada Proses Pemurnian Minyak Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi, Dan Industri*, 501–504.
- Fitriana, W., & Febrina, W. (2021). Analisis Potensi Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 10(2), 147–154.
- Montgomery, C. D. (2001). *Design and Analysis Experiment* (5th ed.). Arizona.
- Suwanda. (2011). *Desain Experiment Untuk Penelitian Ilmiah*. Alfabeta.
- Zunet, M., Febrina, W., Arif, M., Sari, F., & Fitriana, W. (2023). Pengukuran Tingkat Kritis Komponen Boiler. *Jurnal Unitek*, 16(1), 2580–2582.