

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Karakteristik Minyak Jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*)

Bahan baku yang terlibat dalam rangkaian penelitian ini adalah minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*). Minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) merupakan hasil sisa penggorengan yang didapatkan dari pedagang gorengan atau dari usaha kecil menengah. Minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) berasal dari pedagang gorengan yang berlokasi di sekitar daerah RSUD Cilegon, Banten. Berikut ini karakteristik minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) yang disajikan pada tabel 4.1 :

**Tabel 4.1** Karakteristik Minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) Sebelum *Pretreatment*

Karakteristik	Nilai
Massa Jenis pada 26 °C (gr/ml)	0,9284
Viskositas Kinematik pada 40 °C (cSt)	39,65
Asam Lemak Bebas (FFA, %)	1,80
Warna	Coklat kekuningan, Keruh

#### 4.2 Proses *Pretreatment* Minyak Jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*)

Sebelum menjalankan proses transesterifikasi, langkah awal yang diterapkan adalah proses *pretreatment* pada limbah minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) dengan cara melakukan penyaringan bahan baku minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) dengan kertas saring Whatman no. 41 untuk memisahkan minyak dari sisa-sisa gorengan atau kotoran lainnya. Kemudian, minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) ditampung dan dibiarkan mengendap sampai menghasilkan dua lapisan emulsi minyak dan air. Setelah itu, bahan baku dimasukkan kedalam gelas beker ukuran 500 ml dan dipanaskan selama 15 menit pada suhu 130°C dengan menggunakan *hot plate* untuk menghilangkan kandungan air.

Tujuan dari pelaksanaan *pretreatment* adalah untuk secara signifikan mengurangi kadar air dan asam lemak bebas dalam minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*). Pada proses transesterifikasi memerlukan minyak dengan kemurnian tinggi (kandungan FFA < 2%). Tingginya kandungan FFA (*Free Fatty Acid*) dapat mengganggu jalannya proses reaksi transesterifikasi akibat adanya reaksi penyabunan antara katalis dan FFA (*Free Fatty Acid*) seperti menurut F.U.M dan Alexandru, 2016 bahwa bahan baku untuk proses transesterifikasi tidak akan dilanjutkan jika kandungan FFA (*Free Fatty Acid*) melebihi 3% bahkan dengan katalis basa homogen.

#### 4.2.1 Karakteristik Minyak Jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*) Setelah *Pretreatment*

Karakteristik minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) setelah *pretreatment* dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini :

**Tabel 4.2** Karakteristik Minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) Setelah *Pretreatment*

Karakteristik	Nilai
Massa Jenis pada 26 °C (gr/ml)	0,9102
Viskositas Kinematik pada 40 °C (cSt)	38,04
Asam Lemak Bebas (FFA, %)	1,25
Warna	Coklat kekuningan, Jernih

Berdasarkan data yang disajikan dalam tabel diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa setelah menjalani tahap *pretreatment*, karakteristik minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) telah mengalami penurunan nilai densitas, viskositas dan asam lemak bebas serta perubahan warna menjadi coklat kekuningan (jernih). Sebelum dilakukan *pretreatment*, angka asam lemak bebas (ALB) dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) mencapai 1,80 %, Setelah melalui tahap *pretreatment*, angka asam lemak bebas mengalami penurunan menjadi 1,25% sehingga persentase penurunan asam lemak bebas

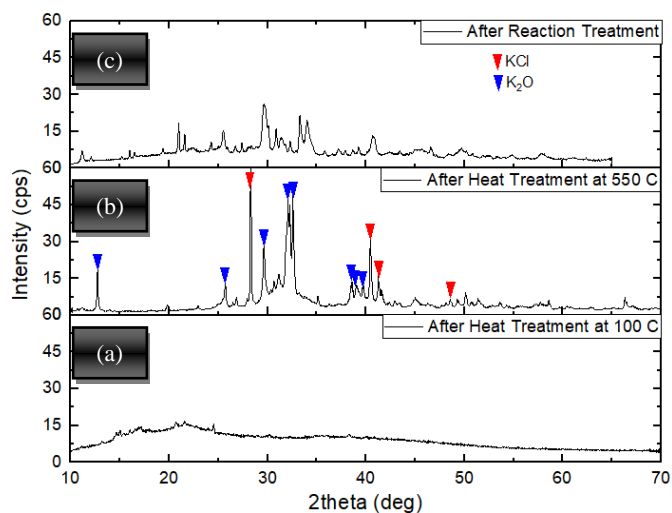
(ALB) dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) setelah *pretreatment* sebesar 30,56 %. Hasil *pretreatment* dapat dilanjutkan ke dalam proses transesterifikasi karena memenuhi syarat standar angka asam lemak bebas < 2 %. Hal sesuai (Piker et al., 2016) yang menunjukkan bahwa reaksi transesterifikasi akan dilakukan apabila kadar asam lemak bebas (FFA) dari suatu bahan baku atau dari minyak tersebut tidak lebih dari 2 mgKOH/g atau 1% FFA (*Free Fatty Acid*).

### 4.3 Karakteristik Katalis dari Limbah Kulit Pisang Kepok Matang

Bahan baku pada penelitian ini adalah katalis yang berasal dari limbah kulit pisang kepok. Kulit pisang kepok dipilih dalam keadaan kondisi matang yang didapatkan dari pedagang gorengan pisang kepok atau dari usaha kecil menengah yang terletak di sekitar daerah RSUD Cilegon Banten.

#### 4.3.1 Analisa XRD (*X-ray diffraction*)

Metode Analisa XRD adalah pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam bahan dengan cara menentukan parameter struktur kisi khusus serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Identifikasi katalis pada penelitian ini dari kulit pisang kepok matang yang di oven pada suhu 100°C atau sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi dan setelah transesterifikasi.



**Gambar 4.1** Hasil Analisa XRD (*X-ray diffraction*) (a) Sebelum

### Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi

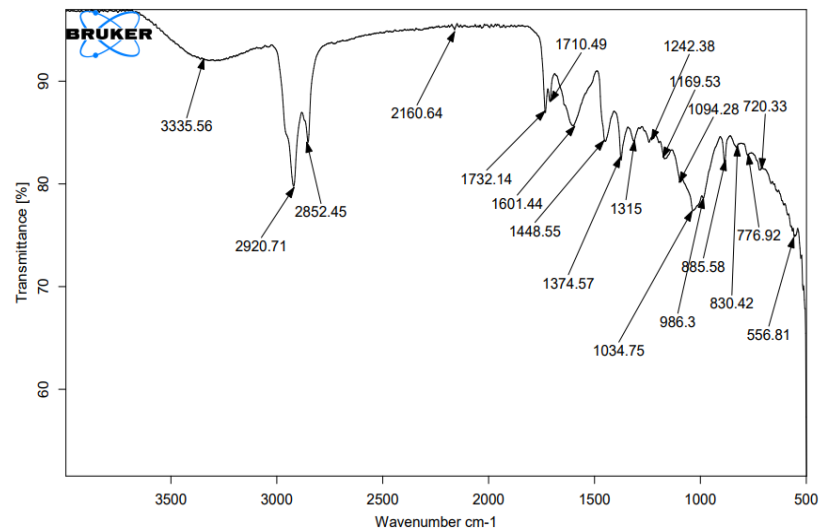
Pada **Gambar 4.1** bagian (a) setelah di oven dengan suhu 100°C selama 24 jam belum terbentuk kristal, karena suhu pemanasan menjadi penyebab puncak-puncak difraksi akan mengalami pelebaran dan penyempitan pada suhu tertentu. Pada suhu 100°C titik puncak belum terdeteksi, sehingga yang dihasilkan masih berupa amorf (*amorphous*). tidak terdeteksi adanya puncak-puncak difraksi yang mengindikasikan sifat amorf atau tidak berstruktur (*amorphous*) dari lapisan tipis yang terbentuk (Lely Susita, *dkk.*, 2008).

Pada bagian (b) setelah di kalsinasi pada suhu 550°C (kondisi optimum) pola kekuatan XRD (*X-ray diffraction*) katalis kulit pisang kepok matang menunjukkan puncak yang jelas dan tajam dan adanya kristalinitas yang lebih baik sedangkan bagian (c) setelah reaksi transesterifikasi menunjukkan puncak yang dengan intensitas sedang dan adanya kristalinitas baik juga. Menurut **Gambar 4.1** pola XRD (*X-ray diffraction*) untuk katalis padat menunjukkan puncak karakteristik yang terletak di  $2\theta$  12.527, 29.524, 31.703, 32.533, 38.870, yang ditetapkan ke fase K<sub>2</sub>O (JCPDS kode referensi No 00-026-1327), dan puncak diperoleh pada  $2\theta$  dari 28.345, 40.507, 50.169, 58.640, 66.381 dan 73.733 diindeks ke fase KCl (JCPD 41-1476). Hasil penelitian menunjukkan bahwa K<sub>2</sub>O-KCl dianggap sebagai komposisi utama kulit pisang kepok matang yang dikalsinasi. Pola XRD pada suhu kalsinasi menunjukkan bahwa sistem K<sub>2</sub>O-KCl sudah terbentuk dengan memanggang kulit pisang kering (M. Fan *et al.* 2018). Kandungan masing-masing sesuai dengan elemen O, K dan Cl, yang juga dikonfirmasi oleh analisis SEM-EDX nilai dari K<sub>2</sub>O sebesar 67,64%.

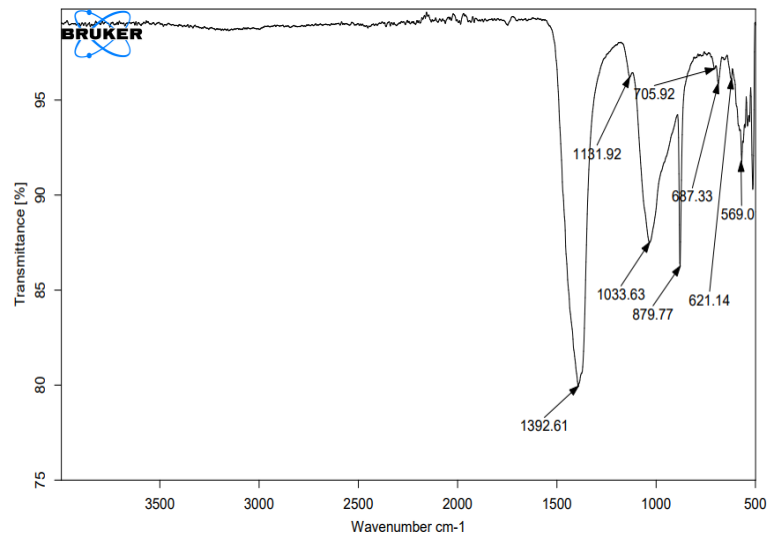
#### 4.3.2 Analisa FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*)

Analisa FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan garis berdasarkan variasi peregangan

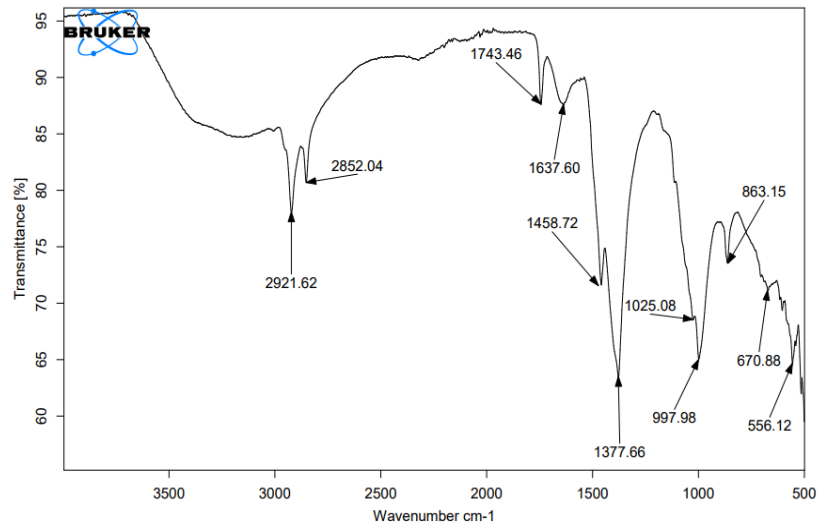
ikatan tertentu dan lengkungan getaran, keberadaan senyawa tertentu dan kandungan pita karakteristik, yang menunjukkan adanya spektrum FTIR dalam kandungan katalis dari kulit pisang kepok yang dihasilkan pada kondisi sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi, dan setelah proses transesterifikasi seperti Gambar 4.2 dibawah ini :



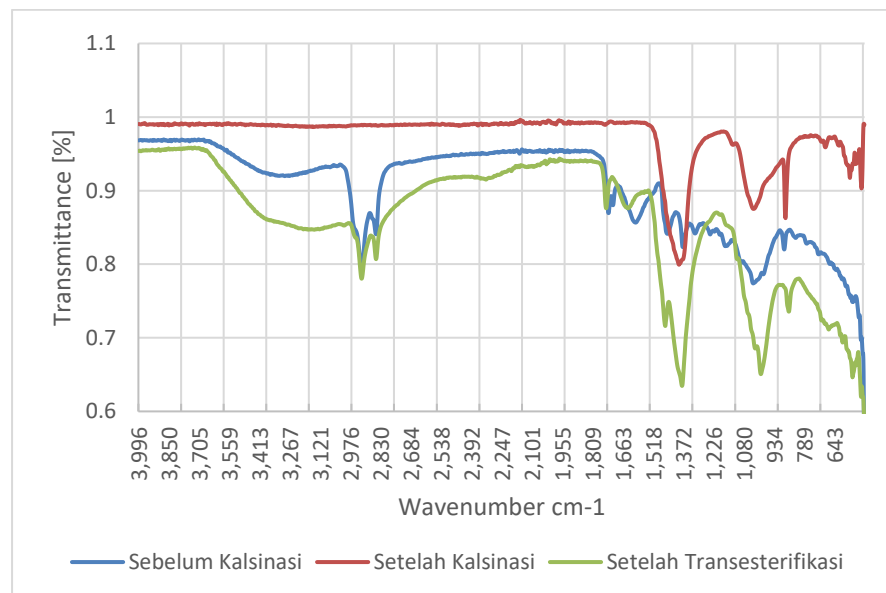
(a)



(b)



(c)



**Gambar 4.2** Hasil Analisa Spektrum FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*) (a) Sebelum Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi

Berdasarkan hasil spektra FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*) seperti pada **Gambar 4.2** ditemukan serapan yang melebar pada bilangan gelombang  $3335,56 \text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $3300\text{-}3600 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan O-H dengan intensitas sedang dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang terperangkap dalam serbuk

kulit pisang. Kondisi ini muncul sebelum proses kalsinasi akibat higroskopisitas pada kulit pisang seperti menurut Dahlia *et al*, 2019 yang menunjukkan serapan pada bilangan gelombang  $3448\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya regangan O-H dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang terperangkap dalam kerangka zeolit karena memiliki sifat higroskopis. Pada kondisi sebelum kalsinasi dan setelah reaksi transesterifikasi, ditemukan serapan pada bilangan gelombang  $2920,71\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $2400\text{-}3400\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya gugus hidroksil ikatan O-H dengan intensitas sedang. Fenomena ini menggambarkan banyaknya kandungan KOH yang akan terdekomposisi menjadi  $\text{K}_2\text{CO}_3$  pada serbuk kulit pisang dan pada bilangan gelombang  $2921,62\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $2853\text{-}2962\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan C-H dengan intensitas tajam ini menunjukkan masih adanya sisa bahan pencuci katalis berupa hidrokarbon yaitu n-heksana dari proses *recovery* katalis.

Pada kondisi sebelum kalsinasi dan setelah reaksi transesterifikasi ditemukan serapan vibrasi uluran karbonil pada bilangan gelombang  $1732,14\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1600\text{-}1820\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan rangkap karbon-oksigen C=O dengan intensitas tajam dikarenakan masih banyaknya komponen lain seperti karbon dan oksigen dan pada bilangan gelombang  $1743,46\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1735\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ester dengan intensitas tajam dari metil ester yang terperangkap, serapan uluran alkenil dibilangan gelombang  $1601,44\text{ cm}^{-1}$  dan  $1637,6\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1600\text{-}1680\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C=C dengan intensitas sedang.

Pada kondisi sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi dan setelah reaksi transesterifikasi ada serapan tajam dan kuat dibilangan gelombang  $1374,57\text{ cm}^{-1}$ ,  $1392,61\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1377,66\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1300\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $\text{K}_2\text{CO}_3$  dimana karbonat yang dihasilkan ini karena hasil adsorpsi  $\text{CO}_2$  atmosfer

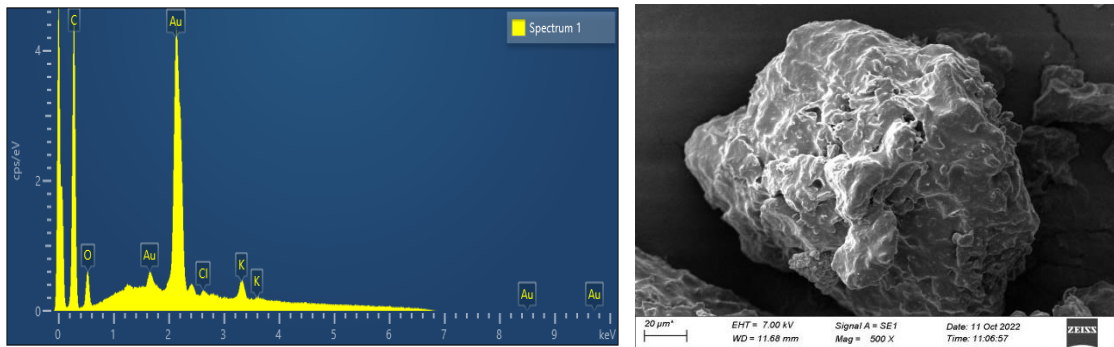
ke oksida logam dan pada gelombang  $1392,61 \text{ cm}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$  telah dianggap sebagai spesies aktif untuk katalisis karena pembangkitan situs efektif setelah kalsinasi (Memonet *et al.*, 2008; Sharma *et al.*, 2012) seperti menurut Gohain *et al.*, 2017 bahwa pada gelombang  $1387 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya keberadaan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  diprotokol ini  $\text{K}_2\text{O}$  juga telah dianggap sebagai aktif untuk katalisis, serapan pada bilangan gelombang  $1034,75 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1033,63 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $997,98 \text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1000\text{-}1300 \text{ cm}^{-1}$  dan  $985\text{-}1000 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan tunggal karbon-oksigen C-O dengan intensitas tajam seperti menurut Gohain *et al.*, 2020 bahwa pada gelombang  $1050 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan C-O (alkohol primer) dan  $\text{R-CH=CH}_2$  dengan intensitas tajam, serapan (a)  $556,81 \text{ cm}^{-1}$ , (b)  $569,0 \text{ cm}^{-1}$ , dan (c)  $556,12 \text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan gugus fungsi  $400\text{-}1000 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan ikatan regangan K-O dengan intensitas kuat seperti menurut Gohain *et al.*, 2020 bahwa yang menunjukkan bahwa pada pita serapan  $550 \text{ cm}^{-1}$  adalah karena adanya regangan K-O.

#### **4.3.3 Analisa SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)**

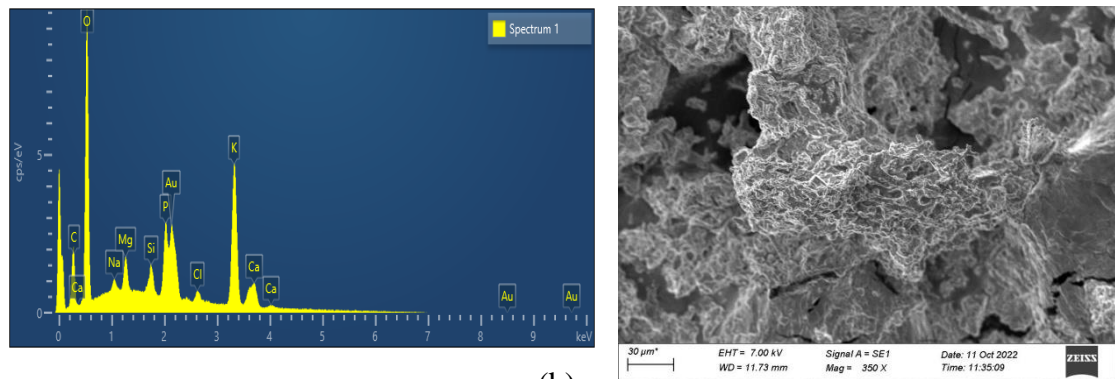
SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) merupakan analisa yang mampu memberikan informasi tentang jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungan baik kandungan unsur maupun oksidanya dan disamping itu juga kita dapat mendalami sifat fisik dan kimia dari mineral tersebut. Pada penelitian ini menggunakan analisa SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) untuk mengetahui jumlah kandungan unsur kalium atau % K yang terdapat pada katalis setelah di oven atau sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi dan setelah reaksi transesterifikasi. Hasil yang dapat diperoleh setelah dilakukan analisa SEM-EDX (*Scanning Electron*



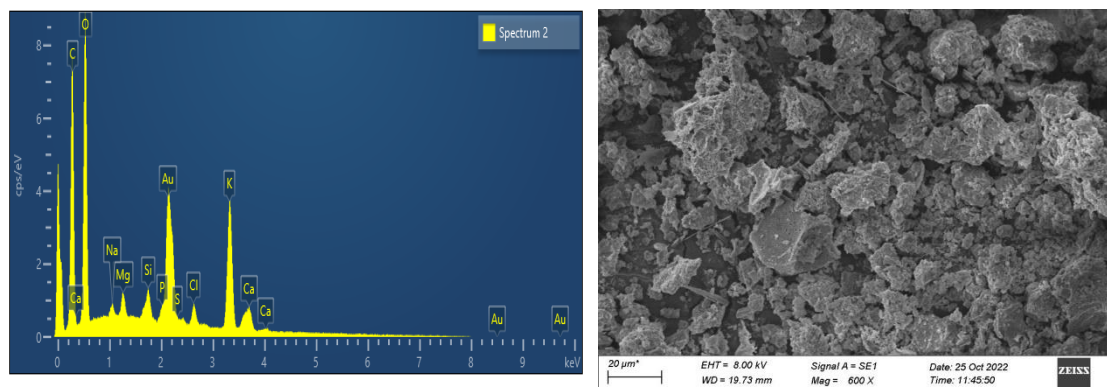
*Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) seperti pada gambar dibawah ini :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.3** Hasil Analisa SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) (a) Sebelum Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi

Pada **Gambar 4.3** dilakukan analisa SEM untuk menganalisis struktur morfologi katalis abu kulit pisang kepok matang melalui sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi, dan setelah reaksi transesterifikasi. Berdasarkan hasil analisa bagian (a) bahwa kulit pisang sebelum dikalsinasi mempunyai permukaan yang sedikit mengkilap, partikel yang mengarah menggabung dan memiliki sifat elastis, serta minimnya pembentukan pori (Damanik, Samsul B., 2017).

Pada kulit pisang yang telah melalui perlakuan kalsinasi selama 5 jam dengan temperatur 550 ° C seperti permukaan pada bagian (b) menunjukkan partikel yang tersebar lebih merata, dan distribusi ini berkontribusi pada pembentukan celah antara agregat, mendorong terbentuknya struktur mesopori dan mikropori pada permukaan katalis seperti pada penelitian sebelumnya (Pathak *et al*, 2018) yang menunjukkan struktur permukaan katalis yang berpori dan mengindikasikan tingkat porositas yang tinggi serta luas permukaan bidang kontak spesifik yang besar (Gohain *et al*, 2020) dan juga menunjukkan partikel terdispersi dengan baik dengan struktur mikro yang merata, dan senyawa aktif terdistribusi secara seragam.

Pada bagian (c) permukaan katalis kulit pisang setelah reaksi transesterifikasi menunjukkan tanda-tanda penutupan pori katalis oleh lapisan senyawa yang terindikasi sebagai adanya sisa hasil reaksi yang tidak berhasil diekstrak oleh perlakuan pencucian dengan n-heksana dan metanol sehingga senyawa tersebut menyumbat pori katalis.

Analisa EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) digunakan untuk menganalisis komposisi kalium pada permukaan katalis pada kondisi sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi, dan setelah transesterifikasi. Hasil analisa EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

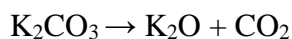
**Tabel 4.3** Kandungan kulit pisang kepek matang, katalis, dan katalis sesudah digunakan untuk sintesis biodiesel hasil analisis EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)

No	Komposisi Senyawa	Komposisi (% berat)		
		Sebelum Kalsinasi	Setelah Kalsinasi	Setelah Transesterifikasi
1	Carbon (C)	77,76	6,57	35,18
2	Oxygen (O)	8,74	32,22	31,05
3	Chlorine (Cl)	1,85	1,55	2,03
4	Natrium (Na)	-	0,53	0,50
5	Magnesium (Mg)	-	1,67	0,92
6	Silicon (Si)	-	1,79	1,35
7	Fosfor (P)	-	6,09	0,86
8	Calcium (Ca)	-	9,50	5,27
9	Sulfur (S)	-	-	0,37
10	<b>Potassium/Kalium (K)</b>	<b>11,64</b>	<b>40,09</b>	<b>22,46</b>

**Tabel 4.3** menunjukkan terjadi peningkatan komposisi kalium setelah melalui proses kalsinasi, dapat dikatakan proses kalsinasi berhasil mengekstrak keluar mineral-mineral dari kulit pisang ke permukaannya sehingga dapat meningkatkan aktivitas katalitik (Balaji & Niju, 2019).

Dari **Tabel 4.3** terlihat bahwa kulit pisang kepek matang setelah proses pengovenan dapat mendekomposisi kandungan kalium menjadi  $K_2CO_3$  yang memiliki senyawa karbon yang cukup tinggi yaitu sebanyak 77,76 %, senyawa oksigen sebanyak 8,74 %, dan senyawa kalium sebanyak 11,64 %. Setelah melakukan proses kalsinasi pada kondisi pembakaran optimum pada temperatur 550 °C selama 5 jam, menghasilkan senyawa kalium yang cukup tinggi yaitu sebanyak 40,09 %, senyawa oksigen sebanyak 32,22 %, dan senyawa karbon sebanyak 6,57 % ini menunjukkan bahwa terdekomposisi dengan baik dimana senyawa kalium dan oksigen mengalami peningkatan sedangkan karbon mengalami penurunan seperti yang diketahui bahwa  $K_2CO_3$

terdekomposisi membentuk sisi aktif basa yaitu  $K_2O$ . Pada tahap kalsinasi katalis ini, penguraian dari kalium karbonat yang terkandung di dalamnya dilakukan seperti reaksi dibawah ini :



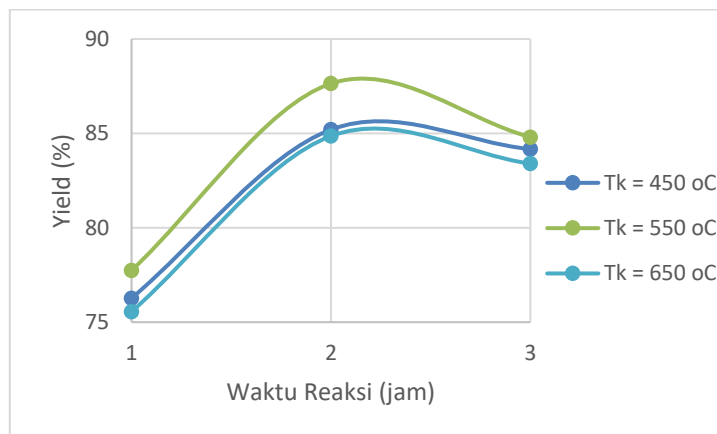
Kalium oksida memiliki peran penting dalam kelancaran proses reaksi transesterifikasi. Selain itu, dalam katalis yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi, terdapat pula komponen  $CaO$  dan  $MgO$ . Proporsi signifikan dari komponen ini memungkinkan sinergi yang berkontribusi pada kinerja kalium oksida dalam reaksi transesterifikasi. Adapun keberadaan senyawa silika dioksida yang terdapat dalam katalis berperan sebagai penyangga. Fungsi penyangga ini sebagai wadah untuk distribusi situs aktif memastikan katalis memiliki luas permukaan yang lebih substansial. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Trisakti, 2018 kandungan  $K_2O$  yang terdekomposisi dapat mencapai 61,80 % pada kondisi pembakaran optimum pada temperatur 550 °C selama 5 jam.

Setelah reaksi transesterifikasi menghasilkan senyawa karbon yang cukup tinggi yaitu sebanyak 35,18 %, senyawa oksigen sebanyak 31,05 %, dan senyawa kalium sebanyak 22,46 %.. Kandungan kalium yang menurun drastis setelah katalis digunakan pada reaksi transesterifikasi dapat terjadi karena adanya aglomerasi di permukaan katalis.

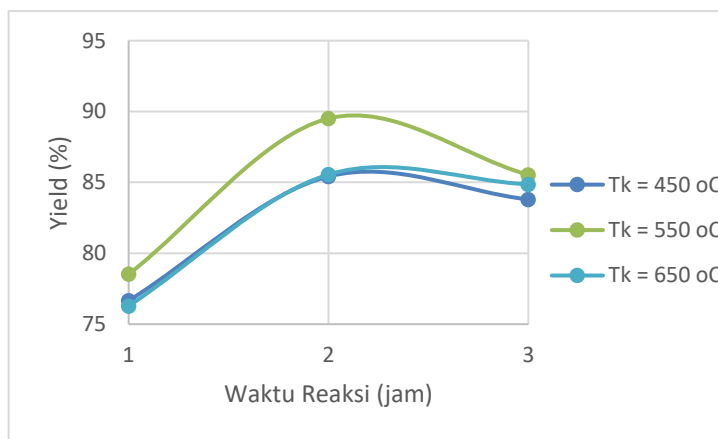
#### **4.4 Pengaruh Variasi Kondisi Operasi Terhadap Yield Biodiesel**

##### **4.4.1 Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Kalsinasi Katalis terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi 50 °C, 55 °C, dan 60 °C**

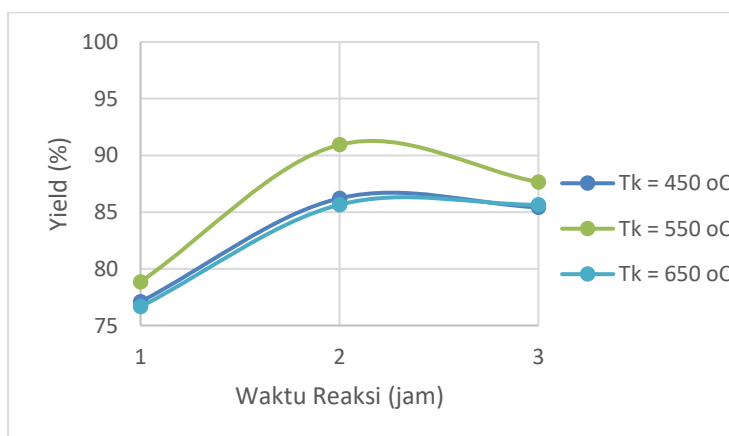
Dalam rangkaian penelitian ini, menyoroti hasil eksperimen pembuatan biodiesel dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) dengan variasi waktu reaksi dan suhu kalsinasi katalis terhadap yield biodiesel pada kondisi suhu reaksi pada Gambar 4.4 berikut ini :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.4** Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Kalsinasi Katalis terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi (a) 50 °C, (b) 55 °C, dan (c) 60 °C

Berdasarkan **Gambar 4.4** diperoleh hasil yaitu bagian (a) kondisi suhu reaksi 50 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 87,64 %, (b) kondisi suhu reaksi 55 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 89,50 %, dan (c) kondisi suhu reaksi 60 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 90,94 %, kondisi terbaik pada suhu reaksi 60 °C karena menghasilkan nilai *yield* tertinggi dari ketiga variasi kondisi suhu reaksi akibat adanya pengaruh dari waktu reaksi dan suhu kalsinasi katalis terhadap yield biodiesel.

Dalam kurun waktu selama 1-3 jam, dengan adanya peningkatan waktu reaksi maka akan mengalami penurunan nilai *yield*. Pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam, mengalami peningkatan nilai *yield* biodiesel karena trigliserida sudah terkonversi dengan baik menjadi metil ester /asam lemak dan gliserol karena mengalami penurunan trigliserida dan tidak adanya reaksi balik sedangkan pada waktu reaksi 3 jam, mengalami penurunan nilai *yield* biodiesel karena sudah mencapai titik kesetimbangan reaksi (melebihi kondisi optimum) yang disebabkan adanya reaksi balik (*reversible*) terjadi, dimana metil ester yang terbentuk kembali menjadi trigliserida (telah habis bereaksi) seperti menurut G.Y Chen *et al.*, (2016) reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang dapat berjalan mundur (*reversible*) dan waktu reaksi yang terlalu lama akan memicu reaksi balik .

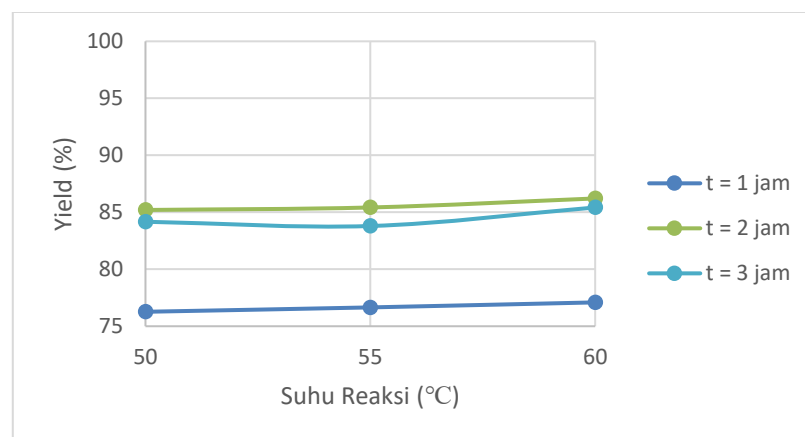
Dalam proses pengkalsinasian pada suhu 450 °C - 650 °C, dengan adanya peningkatan suhu kalsinasi maka akan mengalami penurunan nilai *yield* juga. Pada suhu kalsinasi katalis 450 °C dan 550 °C ini mengalami peningkatan nilai *yield* karena dalam reaksi transesterifikasi berjalan dengan baik yang disebabkan oleh banyaknya komponen kandungan kalium (K) yang memiliki sifat kebasaaan tinggi sehingga menjadi peranan penting dalam reaksi transesterifikasi sedangkan pada suhu kalsinasi katalis 650 °C mengalami penurunan nilai *yield* karena proses reaksi transesterifikasi tidak berjalan baik yang disebabkan oleh

menurunnya komponen kandungan kalium yang sudah melebihi kondisi optimum sesuai dengan (Hayyan *et al*,2012) bahwa temperatur kalsinasi yang terlalu tinggi menyebabkan komponen kandungan kalium menurun.

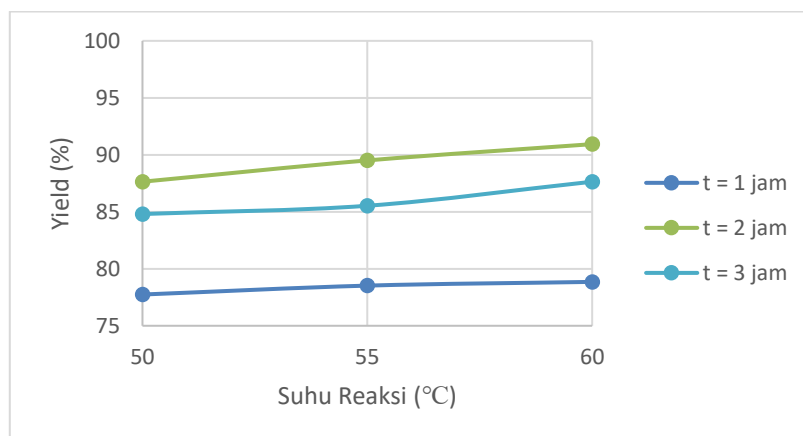
Dari **Gambar 4.4** diketahui bahwa kondisi terbaik yang diperoleh adalah pada suhu reaksi 60 °C dengan waktu reaksi 2 jam dan suhu kalsinasi katalis 550 °C yang memberikan *yield* biodiesel sebesar 90,94 %.

#### 4.4.2 Pengaruh Suhu Reaksi dan Waktu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis 450 °C, 550 °C, dan 650 °C

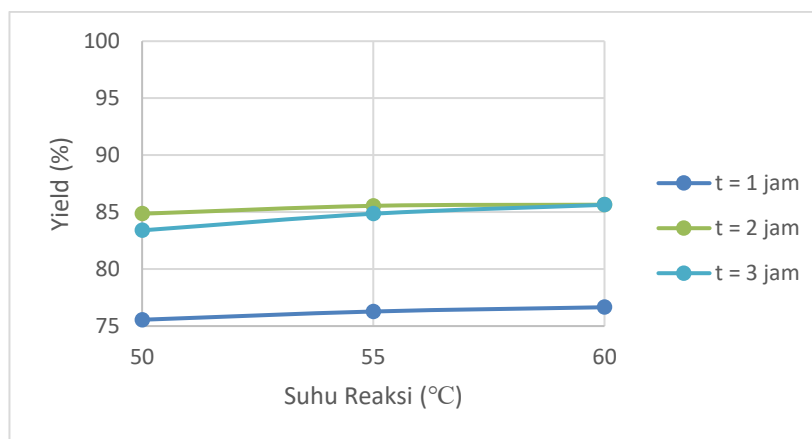
Dalam rangkaian penelitian ini, menyoroti hasil eksperimen pembuatan biodiesel dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) dengan variasi suhu reaksi dan waktu reaksi terhadap yield biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi pada Gambar 4.5 berikut ini :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.5** Pengaruh Suhu Reaksi dan Waktu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C

Berdasarkan **Gambar 4.5** diperoleh hasil yaitu bagian (a) kondisi suhu kalsinasi 450 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 86,21 %, (b) kondisi suhu kalsinasi 550 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 90,94 %, dan (c) kondisi suhu kalsinasi 650 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 85,65 %, kondisi terbaik pada suhu kalsinasi katalis 550 °C karena menghasilkan nilai *yield* tertinggi dari ketiga variasi suhu kalsinasi katalis akibat adanya pengaruh dari suhu reaksi dan waktu reaksi terhadap *yield* biodiesel.

Dalam proses pemanasan pada suhu 50 °C - 60 °C, dengan adanya peningkatan suhu reaksi akan mengalami peningkatan nilai *yield* dari



suhu 50 – 60 °C karena ketika suhu reaksi sangat tinggi akan bertambahnya konsentrasi air dalam minyak yang disebabkan oleh berkurangnya kekentalan minyak sehingga kecepatan reaksi semakin tinggi. Jika laju reaksi semakin tinggi maka tumbukan antar molekul semakin besar karena molekul memiliki energi yang sangat besar sehingga bisa mempengaruhi nilai *yield* yang dihasilkan yaitu *yield* akan semakin besar juga (Aziz dkk, 2013).

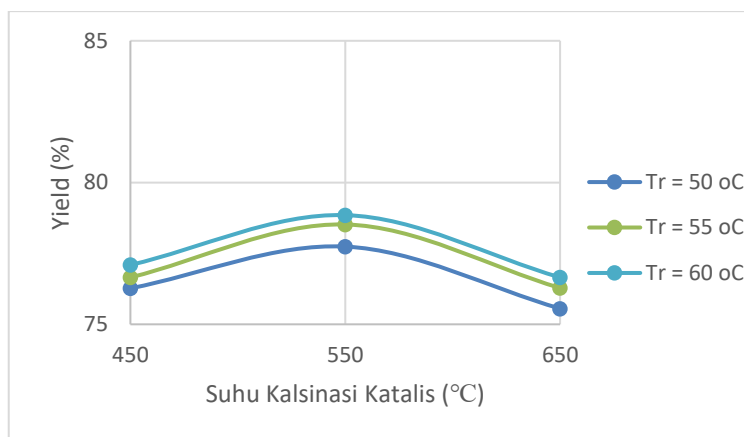
Dalam kurun waktu selama 1-3 jam, dengan adanya peningkatan waktu reaksi akan mengalami penurunan nilai *yield* dalam kurun waktu selama 1-3 jam. Pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam, mengalami peningkatan nilai *yield* biodiesel karena trigliserida sudah terkonversi dengan baik (penurunan trigliserida) menjadi metil ester /asam lemak dan gliserol dengan konsentrasi reaktan (perbandingan mol methanol : minyak jelantah = 6:1 dan jumlah katalis 1% (b/b)) maka tumbukan antar molekul reaktan semakin sering terjadi pada awal reaksi yang disebabkan oleh energi dari suhu reaksi sangat besar dan juga keefektifitas katalis tinggi karena ukuran partikel kecil dan luas permukaan partikelnya besar sehingga bisa mempercepat reaksi kimianya (Anr. R *et al.*,2016) seperti pada penelitian ini partikel katalis berukuran  $\pm 50$  mesh sedangkan pada waktu reaksi 3 jam, mengalami penurunan nilai *yield* biodiesel karena sudah mencapai titik kesetimbangan reaksi (melebihi kondisi optimum) sehingga jika ada penambahan waktu reaksi tidak akan dapat menaikkan *yield* biodiesel.

Dari **Gambar 4.5** diketahui bahwa kondisi terbaik yang diperoleh adalah pada suhu kalsinasi katalis 550 °C dengan suhu reaksi 60 °C dan waktu reaksi 2 jam yang memberikan *yield* biodiesel sebesar 90,94 %.

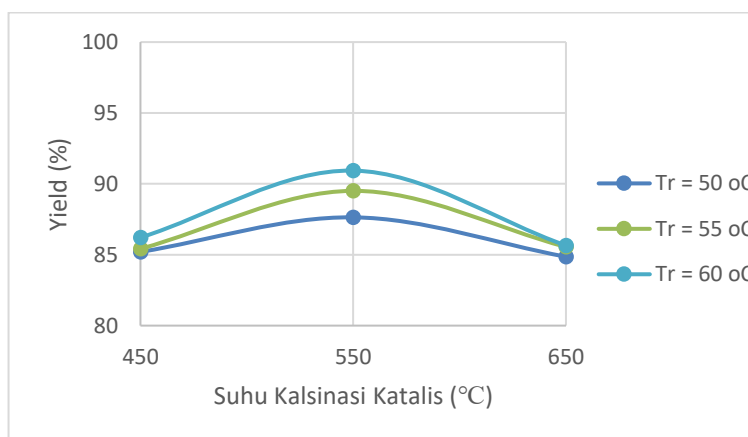
#### **4.4.3 Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Suhu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Waktu Reaksi 1 jam, 2 jam, dan 3 jam**

Dalam rangkaian penelitian ini, menyoroti hasil eksperimen pembuatan biodiesel dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*)

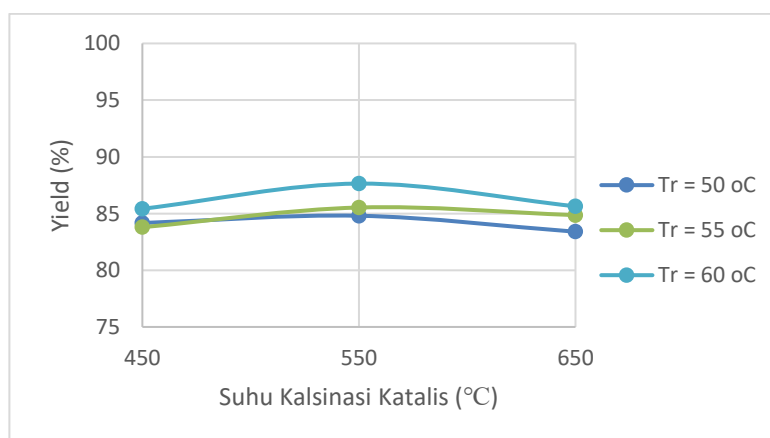
dengan variasi suhu kalsinasi katalis dan suhu reaksi terhadap yield biodiesel pada kondisi waktu reaksi seperti Gambar 4.6 berikut ini :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.6** Pengaruh Suhu Kalsinasi Katalis dan Suhu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Waktu Reaksi (a) 1 jam, (b) 2 jam, dan (c) 3 jam

Berdasarkan **Gambar 4.6** bagian (a) dengan kondisi operasi suhu kalsinasi 450°C didapatkan hasil *yield* biodiesel sebesar 77,09%, suhu kalsinasi 550 °C dengan hasil *yield* biodiesel sebesar 78,85% dan suhu kalsinasi 650 °C menghasilkan *yield* biodiesel dengan angka 76,65% dengan kondisi suhu reaksi sebesar 60°C, dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu kalsinasi katalis mempengaruhi nilai *yield* yang dihasilkan dengan kondisi waktu reaksi 1 jam. Pada waktu reaksi 2 jam pada bagian (b) dengan suhu reaksi 60°C menghasilkan peningkatan hasil *yield* biodiesel sebesar 86,25%, 90,93%, dan 85,65%. Pada waktu reaksi 3 jam pada bagian (c) menghasilkan *yield* biodiesel dari suhu kalsinasi 450°C, 550°C dan 650°C dengan suhu reaksi 60°C mendapatkan hasil *yield* biodiesel sebesar 85,42%, 87,64% dan 85,64%.

Dari hasil *yield* biodiesel tiap perbedaan waktu reaksi, nilai *yield* biodiesel terbesar terdapat pada kondisi suhu kalsinasi 550°C dengan suhu reaksi 60°C dengan waktu reaksi yang dibutuhkan adalah 2 jam mengindikasikan bahwa semakin lama waktu reaksi, semakin banyak produk yang dihasilkan terutama Ketika reaksi awal. Ini akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk bertumbukan satu sama lain. Namun, setelah kesetimbangan tercapai tambahan waktu reaksi tidak mempengaruhi hasil reaksi. Penyesuaian suhu reaksi juga memberikan kontribusi penting dalam proses transesterifikasi. Suhu yang mendekati titik didih alkohol akan meningkatkan kecepatan reaksi transesterifikasi, karena energi kinetik molekul reaktan semakin besar, yang memungkinkan lebih banyak tumbukan antara molekul reaktan.

Selama proses transesterifikasi, perubahan suhu reaksi mempengaruhi gerakan molekul semakin cepat sehingga mengatasi

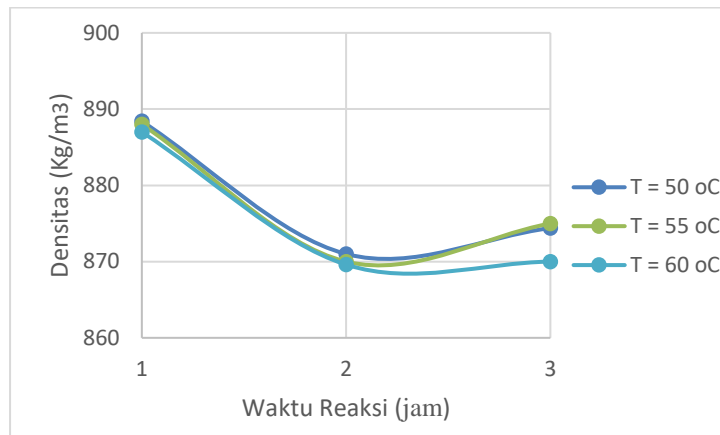
energi aktivasi. Suhu juga mempengaruhi viskositas dan densitas, karena keduanya merupakan dua parameter fisik penting untuk pemanfaatan biodiesel sebagai bahan bakar. Semakin tinggi suhu maka semakin besar energi kinetik molekul reaktan dan peningkatan tumbukan antara molekul reaktan sedangkan suhu kalsinasi memiliki peran penting dalam proses pembuatan katalis. Dapat dilihat dari **Gambar 4.6** bahwa pada suhu kalsinasi 450 °C *yield* biodiesel yang dihasilkan terbilang tidak menginjak angka 80%, sedangkan pada suhu kalsinasi 550°C menginjak nilai *yield* biodiesel terbesar diantara suhu kalsinasi yang lain. Pada suhu kalsinasi 650 °C, ini merupakan suhu termasuk tinggi, pembakaran material tumbuhan pada suhu yang tinggi menghasilkan dekomposisi beberapa komponen anorganik dan pengurangan berat (Babayemi,2010).

Dapat disimpulkan bahwa waktu reaksi, suhu reaksi dan suhu kalsinasi memberi pengaruh besar pada hasil produk berupa biodiesel dengan *yield* biodiesel sebesar 90,94 % pada kondisi terbaik suhu kalsinasi katalis 550 °C, suhu reaksi 60 °C dan waktu reaksi 2 jam.

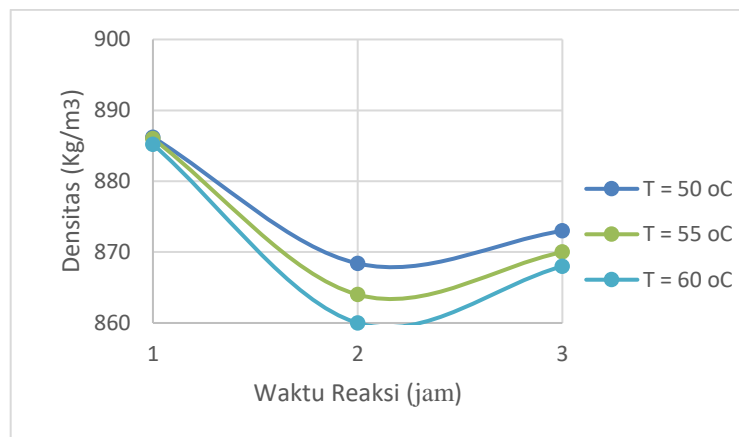
## **4.5 Karakteristik Biodiesel dari Limbah Minyak Jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*)**

### **4.5.1 Analisa Densitas Biodiesel**

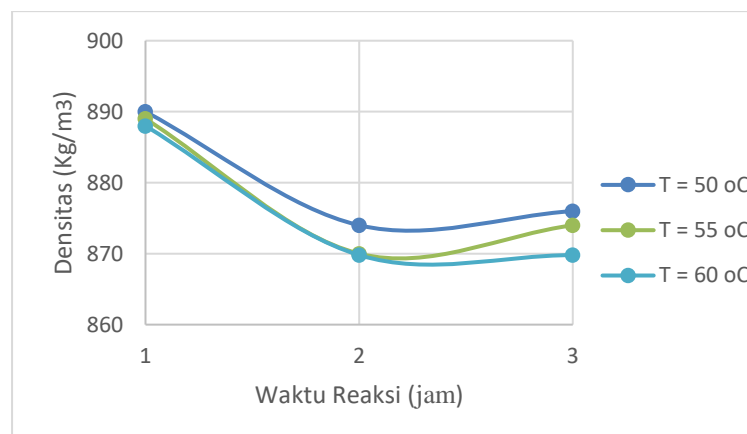
Pada penelitian ini, dilakukan analisa densitas pada biodiesel yang didapatkan dari variasi waktu reaksi dan suhu reaksi terhadap densitas biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C dengan menggunakan piknometer 50 ml, dapat dilihat pada Gambar 4.8



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.7** Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Densitas Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C

Berdasarkan **Gambar 4.7** dapat dilihat bahwa dalam kurun waktu selama 1-3 jam, pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam nilai densitas semakin turun sedangkan pada waktu 3 jam semakin naik nilai densitasnya. Menurut Saputra *et.al*, 2012 ), yang menyatakan bahwa semakin lama waktu reaksi, densitas biodiesel yang dihasilkan cenderung lebih rendah. Peristiwa ini disebabkan oleh pemutusan gliserol dari trigliserida, yang menghasilkan senyawa dengan ukuran molekul yang lebih kecil. Namun, terjadi kenaikan densitas pada waktu reaksi 3 jam seperti menurut Affandi, dkk, 2013 ), yang kemungkinan disebabkan oleh waktu reaksi yang terlalu lama Akibatnya, pH dari biodiesel hasil reaksi meningkat, menyebabkan air terikat bersama metil ester, sehingga pemisahan sulit dilakukan. Tahap pemurnian yang kurang baik dapat menyebabkan densitas biodiesel bervariasi.

Dalam proses pemanasan pada suhu 50 °C - 60 °C, dengan adanya peningkatan suhu reaksi akan mengalami penurunan nilai densitas karena ketika suhu reaksi sangat tinggi akan bertambahnya konsentrasi air dalam minyak yang disebabkan oleh berkurangnya kekentalan minyak atau massa jenis berkurang (Saputra *et.al*, 2012). Densitas biodiesel pada suhu 40 °C yang di dapatkan berkisar antara 860-890 kg/m<sup>3</sup> dan yang menjadi menjadi kondisi terbaik itu pada kondisi suhu kalsinasi 550 °C dengan waktu reaksi 2 jam dan suhu reaksi 60 °C sebesar 860 kg/m<sup>3</sup> maka dapat dikatakan bahwa biodiesel yang di peroleh sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI: 7182-2015) yang berkisar antara 850-890 kg/m<sup>3</sup> pada suhu 40 °C. Densitas ini dapat dijadikan rujukan sebagai parameter bahwa minyak jelantah sebagai reaktan dapat bereaksi menjadi produk biodiesel (Shilvia *et al.*,2014).

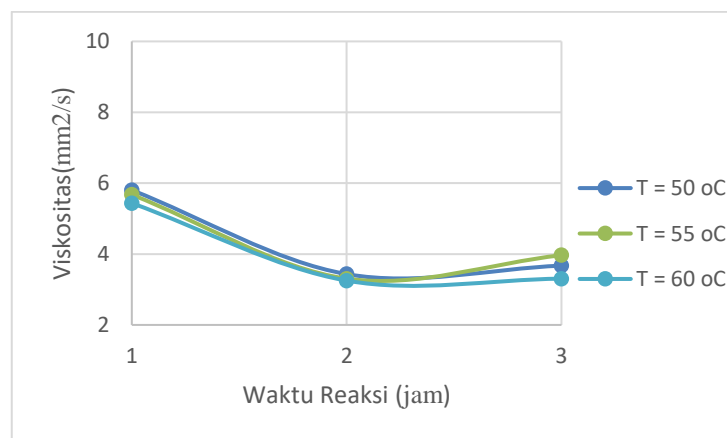
Berikut ini data tabel 4.4 densitas yang dihasilkan dengan variasi waktu reaksi 1 jam, 2 jam, 3 jam dan suhu reaksi 50 °C, 55 °C, 60°C terhadap densitas biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C.

**Tabel 4.4** Hasil Densitas dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis

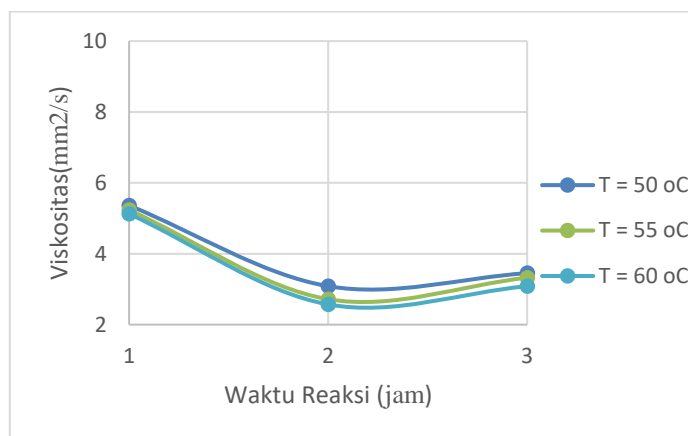
Parameter Operasi		Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )		
		Tk = 450 °C	Tk = 550 °C	Tk = 650 °C
Tr = 50 °C	t = 1 jam	888,4	886,2	890
	t = 2 jam	871	868,4	874
	t = 3 jam	874,4	873	876
Tr = 55 °C	t = 1 jam	888	886	889
	t = 2 jam	870	864	870
	t = 3 jam	875	870	874
Parameter Operasi		Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )		
		Tk = 450 °C	Tk = 550 °C	Tk = 650 °C
Tr = 60 °C	t = 1 jam	887	885,2	888
	t = 2 jam	869,6	860	869,8
	t = 3 jam	870	868	869,8

#### 4.5.2 Analisa Viskositas Biodiesel

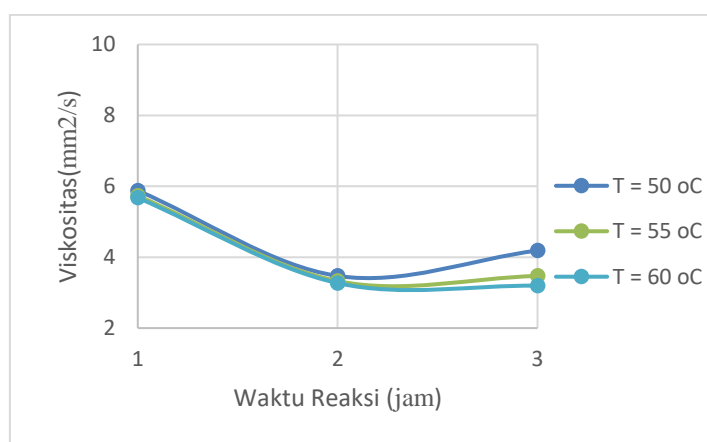
Pada penelitian ini, dilakukan analisa densitas pada biodiesel yang didapatkan dari variasi waktu reaksi dan suhu reaksi terhadap viskositas kinematik biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C dengan menggunakan viscometer otswaldz 3 ml, dapat dilihat pada Gambar 4.8 sebagai berikut :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.8** Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Viskositas Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C

Berdasarkan **Gambar 4.8**, menggambarkan bahwa dalam kurun waktu selama 1-3 jam, pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam nilai viskositas semakin turun sedangkan pada waktu 3 jam semakin naik nilai viskositasnya. Menurut Sani *et al*, 2017, yang menyatakan bahwa semakin lama waktu reaksi, viskositas biodiesel yang dihasilkan cenderung lebih rendah. Penurunan viskositas terjadi karena penguraian gliserol dari trigliserida menghasilkan senyawa dengan ukuran molekul yang lebih kecil dan terjadi kenaikan viskositas pada waktu reaksi 3 jam terjadi kenaikan viskositas karena adanya reaksi balik, seperti menurut oko S *et al.*, 2018 yang menyatakan bahwa viskositas kinematik dapat



dipengaruhi oleh tingginya kandungan trigliserida dalam minyak, yang menyebabkan tidak semua minyak terkonversi menjadi metil ester.

Dalam proses pemanasan pada suhu 50 °C - 60 °C, dengan adanya peningkatan suhu reaksi akan mengalami penurunan nilai viskositas karena ketika suhu reaksi sangat tinggi akan berkurangnya trigliserida karena telah terkonversi dengan baik dan ada faktor lainnya seperti proses pemurnian sudah baik. Viskositas biodiesel pada suhu 40 °C yang di dapatkan berkisar antara 2,5 – 5,8 mm<sup>2</sup>/s (cSt) dan yang menjadi menjadi kondisi terbaik itu pada kondisi suhu kalsinasi 550 °C dengan waktu reaksi 2 jam dan suhu reaksi 60 °C sebesar 2,57 mm<sup>2</sup>/s (cSt) maka dapat dikatakan bahwa biodiesel yang di peroleh sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI: 7182-2015) yang berkisar antara 2,3 - 6 mm<sup>2</sup>/s (cSt) pada suhu 40 °C.

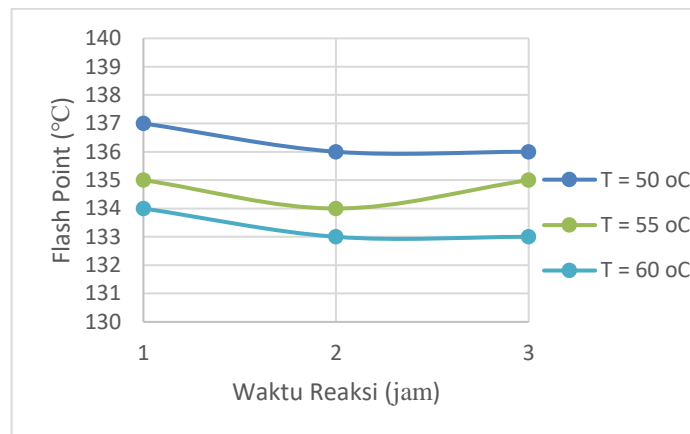
Berikut ini data tabel 4.5 viskositas yang dihasilkan dengan variasi waktu reaksi 1 jam, 2 jam, 3 jam dan suhu reaksi 50 °C, 55 °C, 60°C terhadap viskositas biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C.

**Tabel 4.5** Hasil Viskositas yang dihasilkan dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis

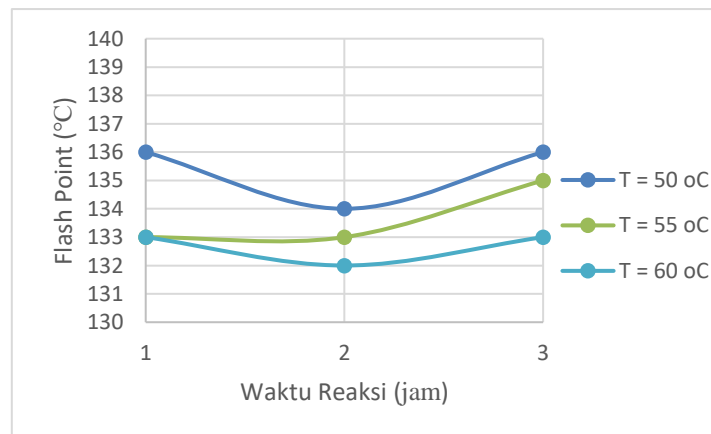
Parameter Operasi		Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)/(cSt)		
		Tk = 450 °C	Tk = 550 °C	Tk = 650 °C
Tr = 50 °C	t = 1 jam	5,80348944	5,36271809	5,876951331
	t = 2 jam	3,434343434	3,085399449	3,47107438
	t = 3 jam	3,673094582	3,452708907	4,187327824
Tr = 55 °C	t = 1 jam	5,674931129	5,23415978	5,730027548
	t = 2 jam	3,305785124	2,718089991	3,324150597
	t = 3 jam	3,966942149	3,324150597	3,47107438
Tr = 60 °C	t = 1 jam	5,436179982	5,123966942	5,674931129
	t = 2 jam	3,250688705	2,571166208	3,269054178
	t = 3 jam	3,305785124	3,085399449	3,195592287

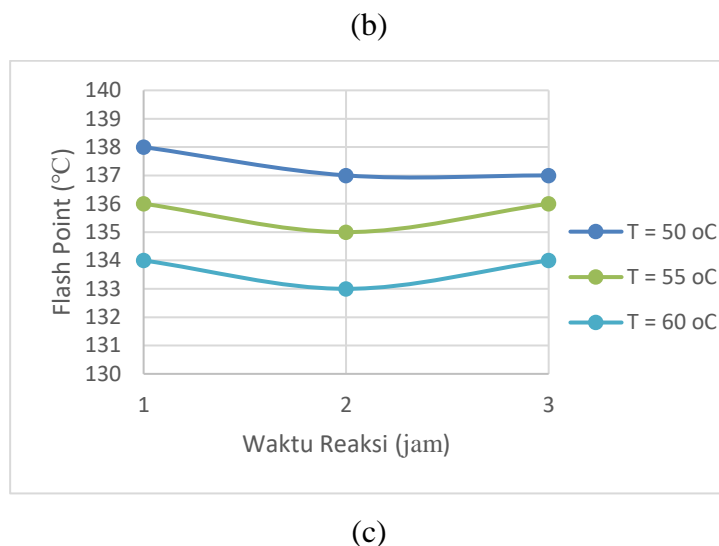
### 4.5.3 Analisa Flash Point Biodiesel

Titik nyala merupakan suhu terendah di mana suatu bahan bakar dapat terbakar ketika terpapar oleh udara. Apabila proses pembakaran terus berlangsung pada suhu tersebut, maka dikenal sebagai titik bakar (*fire point*). Titik nyala yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan keterlambatan dalam proses penyalaan, sementara jika titik nyala terlalu rendah akan menimbulkan fenomena denotasi, yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar. Keadaan ini menggambarkan potensi bahaya yang lebih tinggi selama penyimpanan dan penanganan. Secara umum, Semakin tinggi titik nyala dari suatu bahan bakar semakin aman penanganan dan penyimpanannya. (Widyastuti, L.,2007).



(a)





**Gambar 4.9** Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Flash Point Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C

Berdasarkan **Gambar 4.9**, dapat dilihat bahwa dalam kurun waktu selama 1-3 jam, pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam nilai densitas semakin turun sedangkan pada waktu 3 jam semakin naik nilai flash pointnya. Menurut Misbachudin *et al.*, 2017 menyatakan bahwa semakin tinggi nilai flash point suatu bahan bakar, semakin lama waktu yang diperlukan untuk menyala, karena volatilitas yang lebih rendah. Sebaliknya, apabila titik nyala terlalu rendah, risiko terjadinya detonasi atau ledakan kecil sebelum bahan bakar masuk ke ruang bakar akan meningkat.

Dalam proses pemanasan pada suhu 50 °C - 60 °C, dengan adanya peningkatan suhu reaksi akan mengalami penurunan nilai flash point karena ketika suhu reaksi sangat tinggi akan mengalami penguapan yang lambat. Flash Point biodiesel di dapatkan berkisar antara 132 °C dan yang menjadi menjadi kondisi terbaik itu pada kondisi suhu kalsinasi 550 °C dengan waktu reaksi 2 jam dan suhu reaksi 60 °C sebesar 132-138°C maka dapat dikatakan bahwa biodiesel yang di peroleh sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI: 7182-2015) minimal 130°C.

Berikut ini data tabel 4.6 flash point yang dihasilkan dengan variasi waktu reaksi 1 jam, 2 jam, 3 jam dan suhu reaksi 50 °C, 55 °C, 60°C terhadap flash point biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C.

**Tabel 4.6** Hasil Flash Point dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis

Parameter Operasi		Flash Point (°C)		
		Tk = 450 °C	Tk = 550 °C	Tk = 650 °C
Tr = 50 °C	t = 1 jam	137	136	138
	t = 2 jam	136	134	137
	t = 3 jam	136	136	137
Tr = 55 °C	t = 1 jam	135	133	136
	t = 2 jam	134	133	135
	t = 3 jam	135	135	136
Tr = 60 °C	t = 1 jam	134	133	134
	t = 2 jam	133	132	133
	t = 3 jam	133	133	134

#### 4.5.4 Karakteristik Biodiesel Optimum dari Limbah Minyak Jelantah/WCO (Waste Cooking Oil)

Berikut ini karakteristik hasil biodiesel dari limbah minyak jelantah pada kondisi optimum yang disajikan pada Tabel 4.7,

**Tabel 4.7** Karakteristik Biodiesel Optimum dari Limbah Minyak Jelantah/WCO (Waste Cooking Oil)

Sifat Fisik dan Kimia	SNI 7128:2015	Biodiesel Optimum
Densitas @40°C (kg/m <sup>3</sup> )	850-890	860
Viskositas Kinematik @40°C (mm <sup>2</sup> /s [cSt])	2,3-6	2,57
Flash Point (°C)	Min. 130 °C	132

Berdasarkan **Tabel 4.7** hasil analisa biodiesel pada kondisi

optimum, sampel biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan SNI 7128:2015.

#### 4.5.5 Analisis Kandungan Ester dengan GC-MS (*Gas Chromatography - Mass Spectrometry*)

Analisa GC-MS dilakukan dalam rangka memahami senyawa dan kandungan ester yang terdapat dalam biodiesel. Kandungan ester dari biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum dengan menggunakan limbah katalis kulit pisang kepok dan minyak jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*) telah dianalisis melalui *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) yang disajikan pada Tabel 4.8 berikut ini :

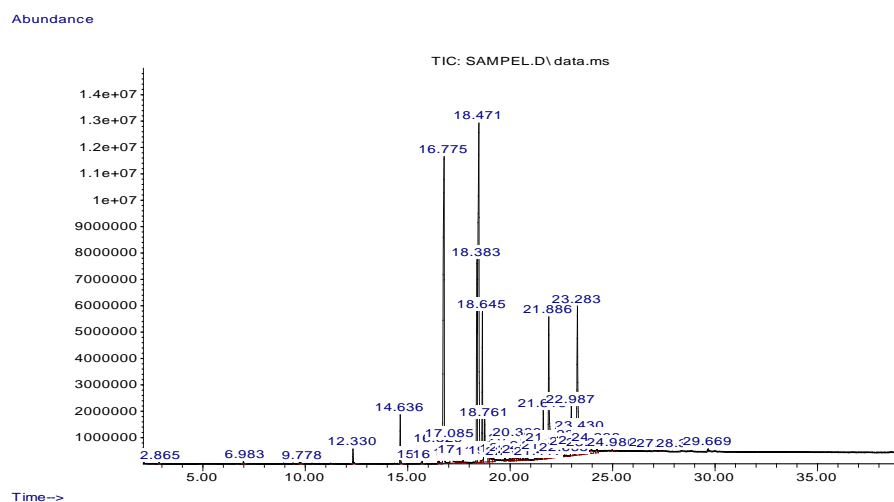
**Tabel 4.8** Komposisi dan Kandungan (%) Senyawa pada Sampel Biodiesel Optimum

Komposisi Senyawa (Nama IUPAC)	Rumus Molekul	Kandungan (%)
Octanoic acid, methyl ester	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0,07
Decanoic acid, methyl ester	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0,15
Dodecanoic acid, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	0,96
Tetradecanoic acid, methyl ester	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	2,51
Pentadecanoic acid, methyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0,67
9-Hexadecenoic acid, methyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1,15
Methyl Hexadec-9-enoate, methyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>29</sub> O <sub>2</sub>	1,49
Hexadecanoic acid, methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	26,24
Cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,17
Heptadecenoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,49
9,12-Octadecenoic acid (Z,Z), methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	9,60
9-Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	33,33
9-cis,11-trans-octadecadienoate, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,63
11-Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,38
Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	6,88
10,13-Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,17
Cis-11-Eicosanoic acid, methyl ester	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0,79
Eicosanoic acid, methyl ester	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	1,86
Docosanoic acid, methyl ester	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	1,36

<b>Komposisi Senyawa (Nama IUPAC)</b>	<b>Rumus Molekul</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Tetracosanoic acid, methyl ester	C <sub>25</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	1,16
Bicyclo decan-10-one, oleic acid	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0,33
3-hydroxypropyl ester, oleic acid	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>3</sub>	0,87
Hexadecanoic acid (CAS)	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,19
9-Octadecenoic acid (E)	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1,02
9-Octadecenoic acid (Z)	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,48
Octadec-9-enoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,19
Octadecanoic acid, ethyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1,32
Adipic acid, 2-ethylhexyl isobutyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>4</sub>	0,48
Thiosulfuric acid	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04
Hexanal (CAS)	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0,03
2,4-Decadienal (E,E)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0,04
2-Methyl-D3-Cyclononane, 1-Heptadecene	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	0,05
Cyclopentadecanone,2-hydrox	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O	0,03
Fumaric acid, tetradec-3-enyl	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>4</sub>	0,04
2-Methyl-D3-Cyclononane	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	0,02
1H-Indole,2-methyl-3-phenyl	C <sub>15</sub> H <sub>13</sub> N	0,02
Pyridine-3-carboxamide, oxime	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N <sub>3</sub> O	0,03
Methyl 2-octylcyclopropene-1-octanoat	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	0,01
2-Methyl-5H-dibenzo[b,f]azepine	C <sub>15</sub> H <sub>13</sub> N	0,02
Ether, isopropyl 2-benzyl-2-propenyl	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	0,07
2-Naphthalene-sulfonic acid	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> S	0,06
2-Amino-3-(.alpha.-furyl)-1,4-naphthoquinone	C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>2</sub>	0,01
3-(2,2-dideuterobutyl)-thiophene-1-dioxide	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	0,03
Hexadecyl hexanoate	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	0,03
Ethyl 5-formyl-3-(2-ethoxycarbonyl)	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> NO	0,05
2-P-Nitrophenyl-1,3,4-Oxadiazol	C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,04
4-(Trifluoromethyl)phenylacetone nitrile	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> F <sub>3</sub> N	0,06
Tetrasiloxane, decamethyl (CAS)	C <sub>10</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>4</sub>	0,08

<b>Komposisi Senyawa</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Metil Ester	90,06
Etil,Isobutil Ester	1,5
Oleic,Oneic Acid (ester)	5,04
Pengotor lain	0,79
<b>Total ester sampel</b>	<b>96,6</b>

Berikut ini hasil Kromatogram Kromatografi Gas Sampel Biodiesel pada Suhu Reaksi 60 °C selama 2 jam pada Suhu Kalsinasi Katalis 550 °C



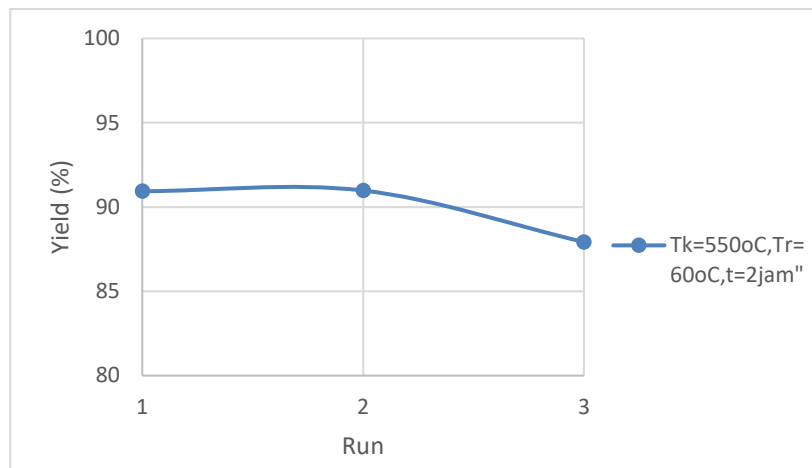
**Gambar 4.10** Kromatogram Kromatografi Gas Sampel Biodiesel pada Suhu Reaksi 60 °C selama 2 jam pada Suhu Kalsinasi Katalis 550 °C

Berdasarkan **Tabel 4.8** total ester yang terkandung dalam biodiesel sampel adalah sebesar 96,6%. Nilai dari total ester tidak terlalu jauh diatas standar SNI 7128:2015 yaitu kandungan ester dalam biodiesel minimum 96,5%. Pada penelitian sebelumnya (Damanik,Samsul B., 2017) ), ditemukan bahwa katalis kulit pisang kepok matang menghasilkan total ester sebesar 98,38%. Dengan demikian kandungan ester biodiesel yang diperoleh telah memenuhi SNI 7128:2015.

#### 4.6 Reusability Katalis

Pada penelitian ini dilakukan percobaan pembuatan biodiesel dengan penggunaan kembali katalis hasil penggunaan transesterifikasi sebelumnya untuk mengetahui kemampuan katalis apabila digunakan secara berulang-ulang. Uji reusability katalis kulit pisang kepok mentah dilakukan pada kondisi reaksi optimum. Kondisi reaksi optimum yang digunakan adalah pada suhu kalsinasi katalis 550°C, suhu reaksi 60°C dan waktu reaksi 2 jam. Pada uji ini

dilakukan 3 kali siklus penggunaan kembali katalis dengan perolehan yield seperti pada Gambar 4.11 sebagai berikut :



**Gambar 4.11** Reusability Katalis Kondisi Optimum pada Reaksi Transesterifikasi

Berdasarkan **Gambar 4.11** diperoleh hasil pada siklus run dari 1 ke 2 mengalami peningkatan nilai *yield* sedangkan siklus run 2 ke 3 mengalami penurunan nilai *yield* dikarenakan adanya kehilangan konsentrasi K (Kalium) yang signifikan. Penurunan kandungan K (Kalium) sangat mempengaruhi *yield* yang dihasilkan, karena K memiliki sifat kebasaaan tinggi sehingga menjadi peranan penting dalam reaksi transesterifikasi. Setelah penggunaan katalis secara berulang, terjadinya aglomerasi gliserol dan beberapa ester yang terjadi pada permukaan katalis sehingga bagian aktif katalis terhalangi dan menyebabkan *yield* biodiesel menjadi rendah (Pathak *et al*, 2018), ini dapat dikarenakan aglomerasi partikel lain yang mengambil bagian dalam reaksi dengan katalis, yang menyebabkan penurunan ketersediaan situs aktif dan menurunkan hasil biodiesel setelah digunakan berulang kali. Ini menunjukkan bahwa hilangnya situs aktif katalis penggunaan kembali merupakan faktor yang mempengaruhi penurunan aktivitas katalis dan dapat juga disebabkan oleh penyimpanan katalis yang kurang baik atau tahap pencucian pada katalis padat selama recovery berlangsung (Jitjamnon *et al*, 2020).