

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON AKTIF KULIT KOPI UNTUK PRODUKSI TRIASETIN DENGAN PROSES *BATCH* DAN KONTINU

Viqi Alam Wardiansyah, Asalil Mustain, Heny Dewajani

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

viqialam17@gmail.com ; [\[asalil89@polinema.ac.id\]](mailto:asalil89@polinema.ac.id)

ABSTRAK

Seiring kemajuan teknologi mesin, kebutuhan bahan bakar beroktan tinggi semakin meningkat untuk mendukung kinerja mesin yang optimal. Triasetin merupakan produk reaksi asetilasi gliserol dengan asam asetat yang sedang dikembangkan sebagai zat aditif bahan bakar. Tujuan penelitian ini adalah mensintesis dan mengkarakterisasi katalis karbon aktif berbahan kulit kopi serta mengevaluasi kinerjanya dalam produksi triasetin melalui proses batch dan kontinu. Proses pembentukan triasetin dimulai dengan pembuatan katalis karbon aktif dari kulit kopi melalui karbonisasi (300°C, 3 jam), aktivasi dengan asam sulfat (100-105°C, 4 jam), analisis daya serap iodium, kalsinasi (500°C, 1 jam), kemudian sintesis triasetin secara *batch* dan kontinu serta analisis konversi reaksinya. Hasil penelitian menunjukkan daya serap karbon aktif 1149,71 mg/g sesuai standar SNI. Karakterisasi katalis dengan SEM menunjukkan ukuran pori 9,5 µm, dan XRD menghasilkan puncak maksimum pada 31,339°. Konversi asetilasi gliserol untuk pembuatan triasetin adalah 43,38% (kontinu) dan 76,75% (*batch*). Analisis GCMS mengidentifikasi triasetin hanya pada *peak* 5 dengan area 2,49%.

Kata kunci: gliserol, karbon aktif, katalis, kulit kopi, triasetin

ABSTRACT

With the advancement of engine technology, the demand for high-octane fuel is increasing to support optimal engine performance. Triacetin, a product of the acetylation reaction of glycerol with acetic acid, is being developed as a fuel additive. The objective of this study was to synthesize and characterize activated carbon catalysts derived from coffee husks and to evaluate their performance in triacetin production through batch and continuous processes. The triacetin formation process begins with the preparation of activated carbon catalyst from coffee husk through carbonization (300 °C, 3 hours), activation with sulfuric acid (100-105 °C, 4 hours), iodine adsorption analysis, calcination (500 °C, 1 hour), followed by triacetin synthesis using batch and continuous processes and reaction conversion analysis. The research results show that the activated carbon adsorption capacity is 1149.71 mg/g, meeting the SNI standard. Catalyst characterization using SEM revealed a pore size of 9.5 µm, and XRD analysis showed a maximum peak at 31.339°. The conversion of glycerol acetylation for triacetin production was 43.38% for the continuous process and 76.75% for the batch process. GCMS analysis identified triacetin only at peak 5 with an area percentage of 2.49%.

Keywords: glycerol, activated carbon, catalyst, coffee husk, triacetin

1. PENDAHULUAN

Seiring kemajuan teknologi mesin, kebutuhan bahan bakar beroktan tinggi semakin meningkat untuk mendukung kinerja mesin yang optimal. Triasetin merupakan produk reaksi asetilasi gliserol dengan asam asetat yang sedang dikembangkan sebagai zat aditif bahan

bakar. Kegunaan triasetin banyak digunakan sebagai penambah aroma, *plasticizer* pelarut, bahan aditif bahan bakar untuk mengurangi *knocking* pada mesin (menaikkan nilai oktan), serta dapat digunakan sebagai zat aditif untuk biodiesel [1]. Penambahan triasetin membuat bahan bakar lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi kadar NO hingga batas yang wajar, dan dapat mengurangi asap knalpot mesin [2].

Katalis adalah suatu zat yang dapat mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengalami perubahan secara permanen atau terkonsumsi dalam reaksi tersebut, terbagi menjadi katalis homogen (fasa sama dengan reaktan) dan katalis heterogen (fasa berbeda dengan reaktan). Katalis terus berkembang mengikuti kebutuhan dan teknologi, salah satunya yang sedang banyak dikembangkan yaitu katalis asam padat berbasis karbon yang termasuk ke dalam katalis heterogen [3]. katalis heterogen lebih unggul untuk digunakan karena mudah dipisahkan, tidak beracun dan tidak korosif sehingga lebih ekonomis [4]. Katalis asam padat berbasis karbon banyak menarik perhatian karena dapat dibuat dengan preparasi yang mudah dan berbahan dasar murah [5].

Katalis karbon aktif tersulfonasi menarik perhatian banyak pihak karena proses pembuatannya yang mudah dan bahan baku biomasanya mudah ditemukan di alam. Limbah kulit kopi merupakan salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang dapat menggantikan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Komposisi dari limbah kulit kopi yang mengandung selulosa sebanyak 43% dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif [6]. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben [7].

Karbon aktif selain digunakan sebagai adsorben juga dikembangkan menjadi material katalis melalui proses modifikasi. Karbon aktif yang digunakan sebagai katalis harus dalam struktur poliaromatik hidrokarbon sehingga gugus sulfonat dapat digabungkan. Reaksi gliserol dengan asam asetat membentuk monoasetin, lalu diasetin, dan akhirnya triasetin. Ketiga reaksi ini eksotermis dan *reversible* [8]. Dengan melakukan reaksi asetilasi gliserol menjadi triasetin, produk ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pemberi aroma pada permen dan minuman ringan, yang diharapkan dapat meningkatkan nilai jual dari triasetin [8].

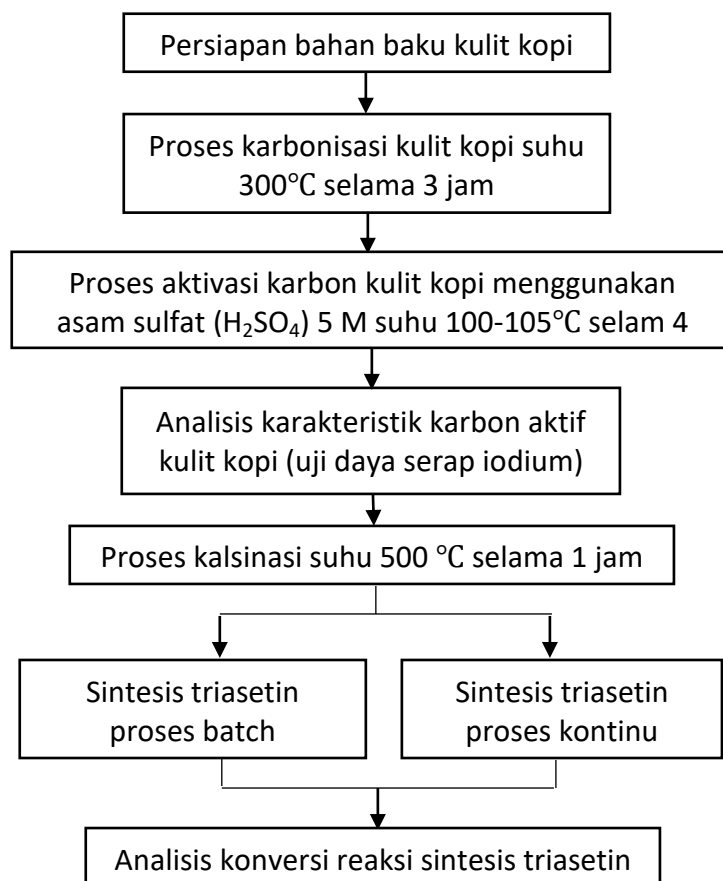
Proses pembuatan katalis dari limbah kulit kopi melibatkan aktivasi karbon aktif menggunakan asam sulfat (H₂SO₄), yang bertujuan untuk menambahkan gugus fungsional pada karbon aktif. Proses ini dikenal dengan istilah sulfonasi. Asam sulfat sering digunakan sebagai agen pengaktivasi karbon aktif karena efektif meningkatkan aktivitas katalis, terutama pada hidrolisis biomassa [5].

Satriadi telah melakukan penelitian reaksi esterifikasi gliserol dan asam asetat menjadi triasetin menggunakan katalis teraktivasi asam sulfat. Hasil penelitian menunjukkan konversi sebesar 67,63% dengan perbandingan rasio mol gliserol dan asam asetat 1:7 [9].

Berdasarkan latar belakang yang telah disimpulkan, biomassa limbah kulit kopi dapat dijadikan katalis karbon aktif dengan aktivasi H₂SO₄. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah kulit kopi melalui karbonisasi, aktivasi, dan kalsinasi untuk menghasilkan katalis karbon aktif yang diuji pada reaksi asetilasi gliserol sehingga terbentuk produk yang diinginkan yaitu triasetin.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Beberapa tahapan skema penelitian dalam proses pembuatan dan karakterisasi katalis karbon aktif dari limbah kulit kopi untuk pembuatan triasetin dengan proses *batch* dan kontinu ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan dan karakterisasi katalis karbon aktif dari limbah kulit kopi serta aplikasinya pada sintesis triasetin secara batch dan kontinu

Penelitian ini diawali dengan tahap pra-aktivasi, yaitu persiapan limbah kulit kopi yang kemudian dikarbonisasi pada suhu 300°C selama 3 jam untuk menghilangkan kadar air dan zat volatil awal. Selanjutnya dilakukan tahap aktivasi kimia melalui perendaman arang kulit kopi menggunakan H₂SO₄ 5 M pada suhu 100–105°C selama 4 jam guna memperluas permukaan pori-pori. Setelah itu, dilakukan tahap karakterisasi dan stabilisasi melalui uji daya serap iodium untuk mengetahui kualitas luas permukaan karbon aktif, serta kalsinasi pada suhu 500°C selama 1 jam untuk menstabilkan struktur katalis. Katalis yang dihasilkan kemudian diuji pada tahap aplikasi dalam sintesis triasetin menggunakan dua skema, yaitu sistem batch dan kontinu. Tahap akhir adalah analisis data berdasarkan konversi reaksi untuk mengetahui efektivitas katalis dalam mengubah bahan baku menjadi produk triasetin.

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan seperti: limbah kulit kopi, asam sulfat (H₂SO₄) 5 M, aquades, asam asetat 5 M, natrium hidroksida (NaOH) 5 M, indikator PP (Fenolftalein), larutan iodium 0,1 N, natrium tiosulfat, amilum, kertas saring, alumunium *foil* dan

indikator pH. Sedangkan, alat yang digunakan pada penelitian seperti: neraca analitik, kaca arloji, spatula, cawan *crucible* + tutup, oven, desikator, *furnace*, ayakan, gelas ukur, *beaker glass*, labu ukur, erlenmeyer, botol semprot aquades, pipet ukur, buret, statif, klem, corong kaca, batang pengaduk, labu leher 3, kondensor, *hot plate*, *stirrer*, termometer dan alat reaktor.

2.2. Proses Karbonisasi Kulit Kopi

Kulit kopi sebanyak ± 2 kg dimasukkan ke dalam alat karbonisasi kemudian dilakukan proses karbonisasi selama 3 jam. Setelah itu, karbon yang sudah terbentuk dihaluskan dan diayak dengan ayakan ukuran 100 *mesh*.

2.3. Proses Aktivasi Karbon Kulit Kopi

Karbon kulit kopi sebanyak 30 gram dimasukkan ke dalam labu leher 3 dan larutan H_2SO_4 sebanyak 350 mL dimasukan ke dalam labu leher 3 yang berisi karbon kulit kopi, kemudian dipanaskan menggunakan *hot plate* selama 4 jam dengan suhu 100-105°C. Karbon yang sudah diaktivasi dicuci menggunakan aquades hingga pH 7 dan karbon aktif dikeringkan menggunakan oven selama 1 jam pada suhu 105°C.

2.4. Uji Daya Serap Iodium

Karbon aktif kulit kopi sebanyak 0,5 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 50 mL larutan iodium 0,1 N kemudian dikocok selama 15 menit dan disaring. Filtrat sebanyak 10 mL dipipet lalu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N. Jika warna kuning larutan hampir hilang, indikator amilum 1% ditambahkan ke dalam larutan, kemudian dilakukan titrasi hingga mencapai titik akhir (warna biru tepat hilang).

$$DSI = \frac{A - \frac{B \times N}{n}}{a} \times 12,693 \times fp \quad (1)$$

DSI = Daya serap Iodin (mg/g)

A = Volume larutan Iodin (mL)

B = Volume $Na_2S_2O_3$ yang terpakai (mL)

fp = Faktor pengenceran (5)

a = Massa karbon aktif (g)

N = Konsentrasi $Na_2S_2O_3$ (N)

n = Konsentrasi Iodin (I_2) (N)

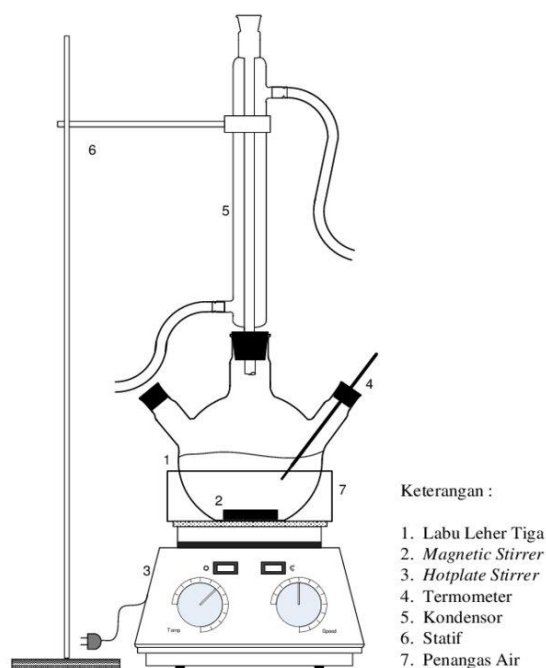
12,693 (mg/meq) = Jumlah Iodin (I_2) sesuai 1 mL larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1N

2.5. Proses Kalsinasi

Karbon aktif dimasukkan ke dalam cawan porselen secukupnya kemudian cawan porselen yang berisi karbon aktif dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 500°C selama 1 jam.

2.6. Sintesis Triasetin dengan Proses Batch

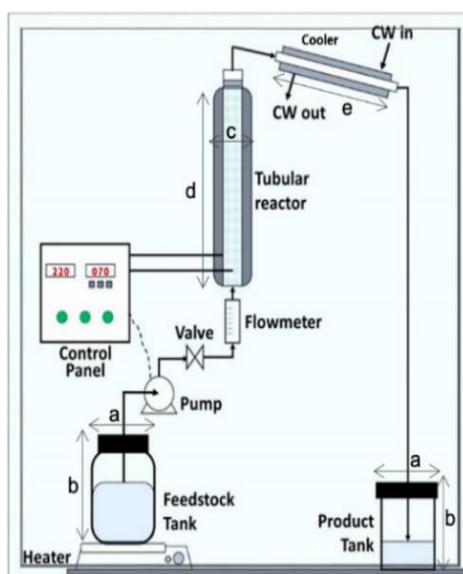
Sebanyak 10 mL gliserol dan 38,59 mL asam asetat dimasukkan ke dalam labu leher 3 dan ditambahkan katalis sebanyak 5% dari massa gliserol yaitu 0,6305 gram. Larutan kemudian diaduk selama 120 menit pada suhu 110°C menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer*. Rangkaian alat sintesis triasetin proses *batch* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema rangkaian alat sintesis triasetin metode *batch* menggunakan labu leher tiga dengan sistem refluks dan pengaduk magnetik

2.7. Sintesis Triasetin dengan Proses Kontinu

Asam asetat dan gliserol masing-masing sebanyak 10 liter dan 750 mL dimasukkan ke dalam tangki *feed* dan katalis karbon aktif kulit kopi berbentuk pellet dimasukkan ke dalam kolom reaktor secukupnya. Tangki *feed* dipanaskan menggunakan kompor listrik hingga suhu 105°C . Kemudian tangki reaktor dipanaskan hingga mencapai suhu yang sama. Selanjutnya, larutan dari tangki *feed* dialirkan ke dalam reaktor dengan bantuan pompa. Skema alat reaktor sintesis triasetin proses kontinu ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema rangkaian reaktor sintesis triasetin proses kontinu menggunakan reaktor tubular dengan sistem pendingin

2.8. Analisis Konversi Reaksi Sintesis Triasetin

Hasil reaksi sintesis triasetin sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 3 tetes indikator pp dan dilakukan titrasi menggunakan NaOH 5 M hingga berwarna merah jambu.

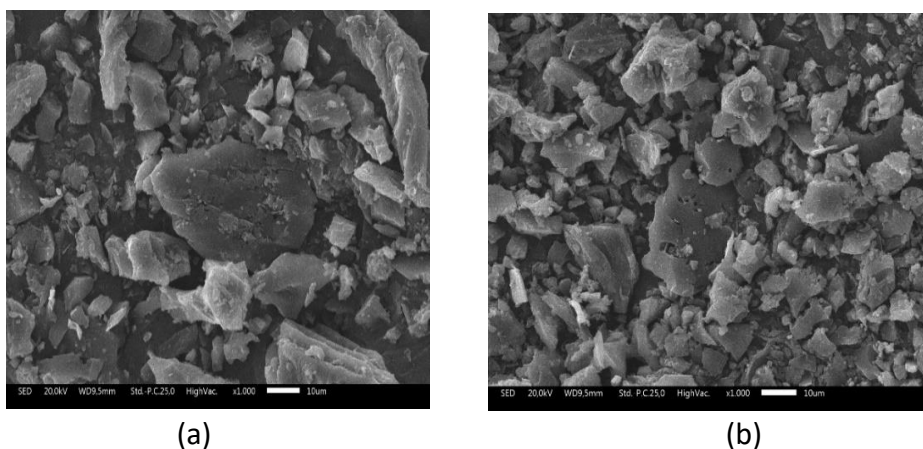
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Daya Serap Terhadap Iodium

Uji daya serap iodium bertujuan untuk mengidentifikasi kemampuan adsorpsi karbon aktif yang diproduksi [10]. Karbon aktif dari kulit kopi sebagai katalis memiliki daya serap iodium sebesar 1.149,71 mg/g. SNI 06.3730-1995 menunjukan syarat mutu minimum karbon aktif dalam daya serap iodium sebesar 750 mg/g. Sehingga karbon aktif kulit kopi yang digunakan sebagai katalis pada reaksi asetilasi gliserol dalam sintesis triasetin telah memenuhi persyaratan mutu yang ditetapkan.

3.2. Karakterisasi Katalis Menggunakan Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah suatu metode analisis mikroskopis menggunakan sinar elektron untuk menghasilkan gambar permukaan sampel. Uji SEM dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut morfologi katalis karbon aktif kulit kopi berupa besar pori, luas pori, persebaran pori baik sebelum maupun setelah dilakukannya aktivasi [11].



Gambar 4. Hasil karakterisasi SEM katalis karbon kulit kopi: (a) setelah aktivasi dan (b) sebelum aktivasi

Berdasarkan Gambar 4, perbedaan berupa besar pori, luas pori dan persebaran pori yang terbentuk pada katalis karbon kulit kopi. Seperti terlihat pada (Gambar 4 (a)) yaitu setelah aktivasi, pori-pori yang terbentuk pada katalis karbon aktif dari kulit kopi yang telah diaktivasi memiliki ukuran yang bervariasi, distribusi yang merata, serta sebaran yang baik dan teratur. Sebaliknya, hasil uji SEM pada katalis karbon kulit kopi sebelum aktivasi (Gambar 4 (b)) menunjukkan hasil karakteristik yang berbanding terbalik dengan kondisi setelah aktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa meningkatkan struktur pori katalis, sehingga diharapkan dapat meningkatkan performa katalis dalam reaksi yang diinginkan.

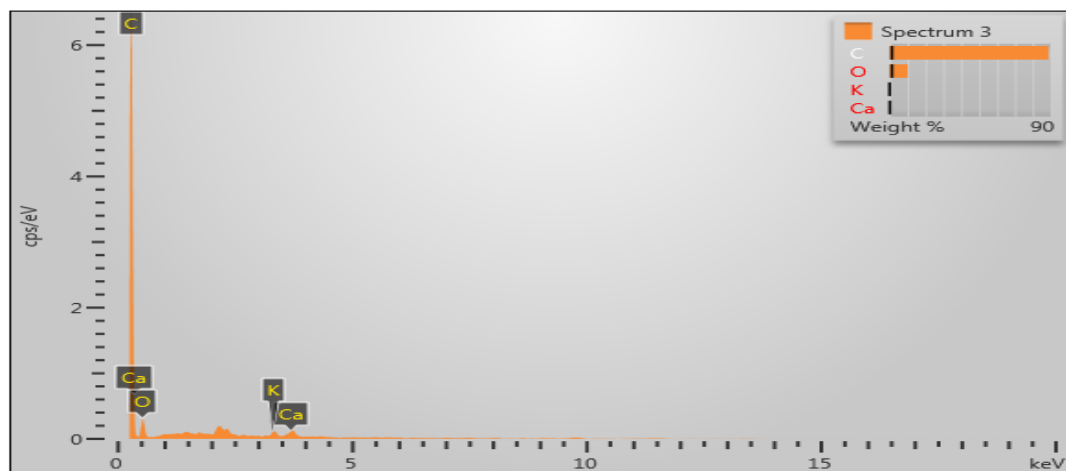
Analisis ukuran pori juga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ImageJ. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa katalis karbon kulit kopi setelah aktivasi memiliki ukuran pori sekitar 9,5 μm , sedangkan katalis sebelum aktivasi memiliki ukuran pori

sekitar 7 μm . Berdasarkan hasil pengamatan proses aktivasi dalam pembuatan katalis karbon kulit kopi mempengaruhi karakteristik pori karbon aktif.

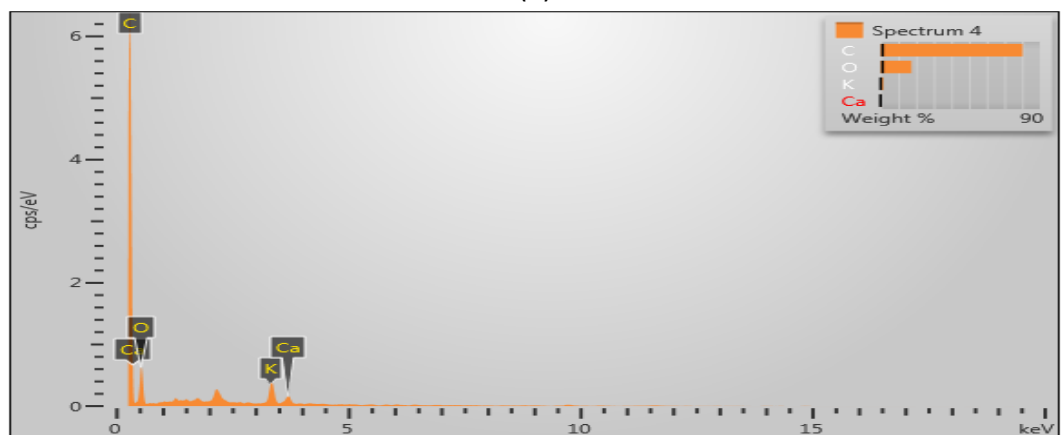
Yudi, dkk. (2023) menjelaskan hasil dari kulit kopi yang diaktivasi menggunakan KMnO_4 , ukuran pori karbon sebelum aktivasi sebesar 2,14 μm dan meningkat menjadi 7,5 μm setelah aktivasi. Sementara itu, pada penelitian ini diperoleh ukuran pori sekitar 7 μm sebelum aktivasi dan meningkat menjadi sekitar 9,5 μm setelah aktivasi. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa jenis bahan aktivasi yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif dari kulit kopi berpengaruh terhadap ukuran pori yang terbentuk [11].

Menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), klasifikasi pori terdiri dari mikropori dengan diameter kurang dari 2 nm, mesopori dengan diameter 2–50 nm, dan makropori dengan diameter lebih dari 50 nm. Berdasarkan hasil uji SEM, pori-pori yang terbentuk pada katalis karbon kulit kopi baik setelah aktivasi maupun sebelum aktivasi termasuk dalam klasifikasi mesopori (2–50 nm).

Selain itu, metode *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDX) digunakan untuk mengamati komponen-komponen yang terbentuk pada katalis sebelum dan setelah aktivasi. Berdasarkan Gambar 5, hasil EDX katalis karbon kulit kopi menunjukkan bahwa komponen mineral yang terbentuk sama, yaitu C, O, K, dan Ca.



(a)



(b)

Gambar 5. Perbandingan komposisi unsur pada katalis karbon (a) sesudah aktivasi dan (b) sebelum aktivasi berdasarkan analisis EDX

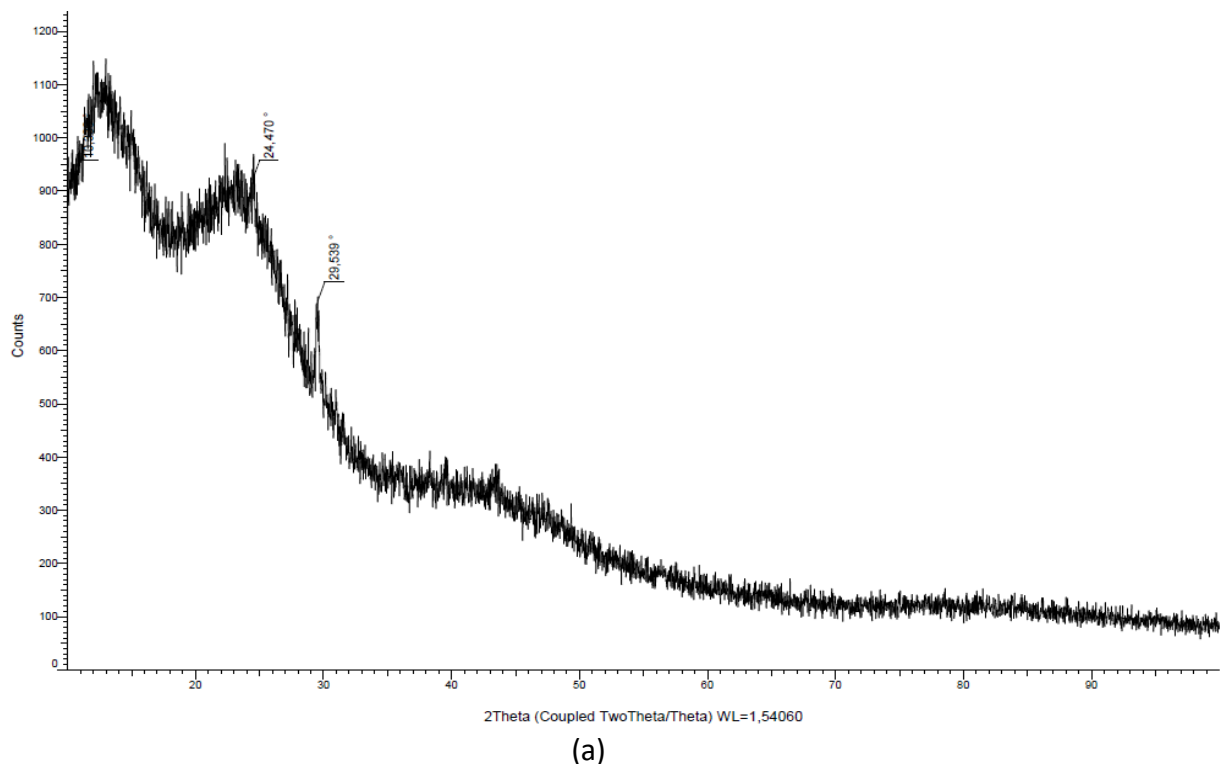
Tabel 1. Komposisi unsur (wt%) katalis karbon kulit kopi sebelum dan setelah proses aktivasi

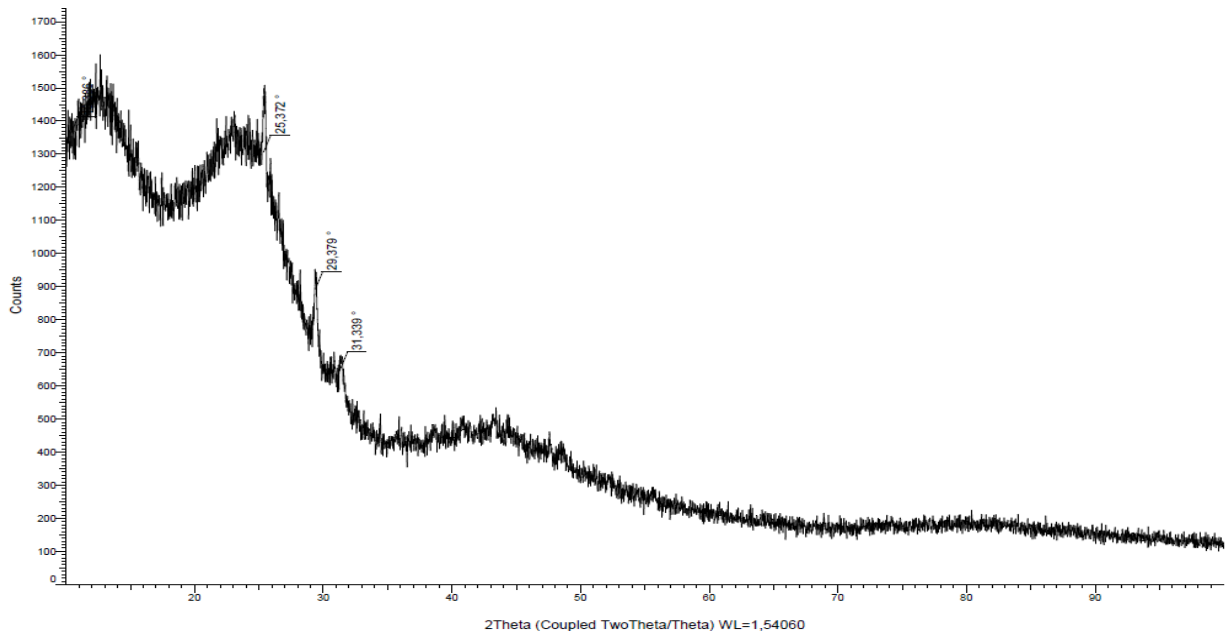
Komponen	Wt (%)	
	Sebelum Aktivasi	Setelah Aktivasi
C	80,27	88,87
O	17,41	10,22
K	1,62	0,50
Ca	0,71	0,41
Total	100	100

Jika dilihat pada Tabel 1, kandungan komponen pada karbon kulit kopi sebelum dan setelah aktivasi menunjukkan adanya perbedaan. Karbon sebelum aktivasi mengandung karbon sebesar 80,27% dan oksigen sebesar 17,41%. Sebaliknya, setelah aktivasi, kandungan karbon meningkat menjadi 88,87%, dengan kandungan oksigen menurun menjadi 10,22%. Perbandingan kedua data tersebut menunjukkan bahwa proses aktivasi mempengaruhi kandungan komponen, berupa perubahan signifikan pada kadar karbon dan oksigen dalam karbon kulit kopi

3.3. Karakterisasi Katalis Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

Analisis XRD merupakan Analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu senyawa dengan mengamati pola pembiasan cahaya sebagai akibat dari berkas cahaya yang dibiaskan oleh material yang memiliki susunan atom pada kisi kristalnya [12].

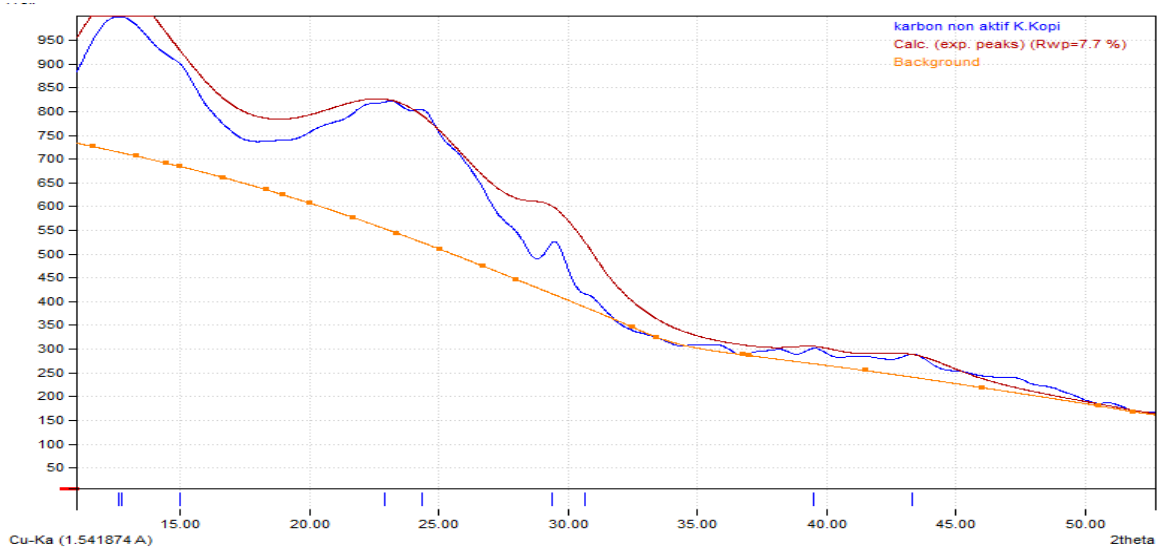




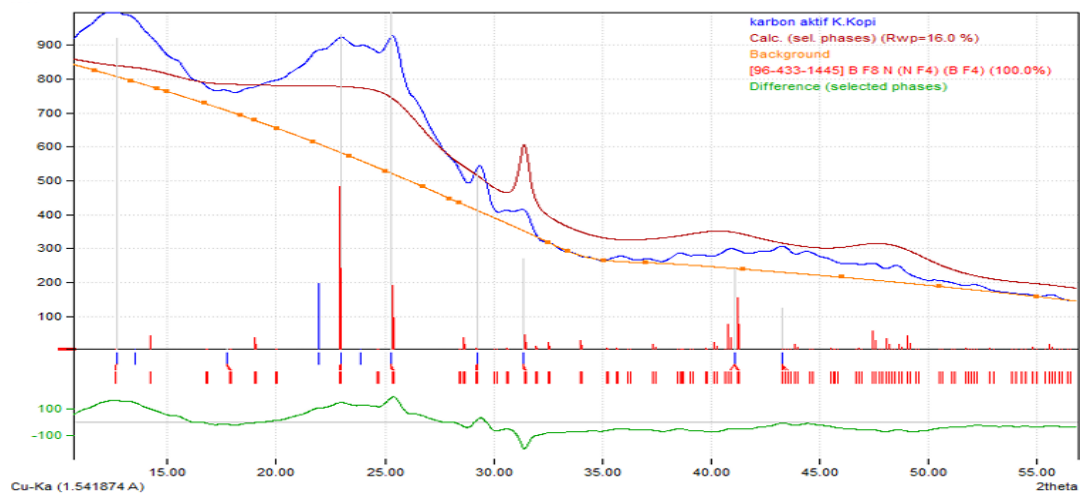
(b)

Gambar 6. Difraktogram XRD katalis karbon kulit kopi: (a) sebelum proses aktivasi dan (b) setelah proses aktivasi

Berdasarkan Gambar 6, pola difraktogram dari hasil uji XRD menunjukkan perbedaan antara karbon kulit kopi sebelum dan setelah aktivasi. Pada (Gambar 6 (a)) sebelum aktivasi, terlihat dua titik puncak dengan rentang sudut $24,470^{\circ}$ – $29,539^{\circ}$. Sedangkan, pada (Gambar 6 (b)) setelah aktivasi, karbon yang telah diaktivasi menunjukkan tiga titik puncak dengan rentang sudut $25,372^{\circ}$ – $31,339^{\circ}$. Tinggi rendahnya puncak yang dihasilkan dari karakterisasi XRD dipengaruhi oleh proses aktivasi, yang menyebabkan pergeseran pelat heksagonal dari tingkat keteraturan tinggi (kristalin) menjadi tidak beraturan (amorf) [13][14].



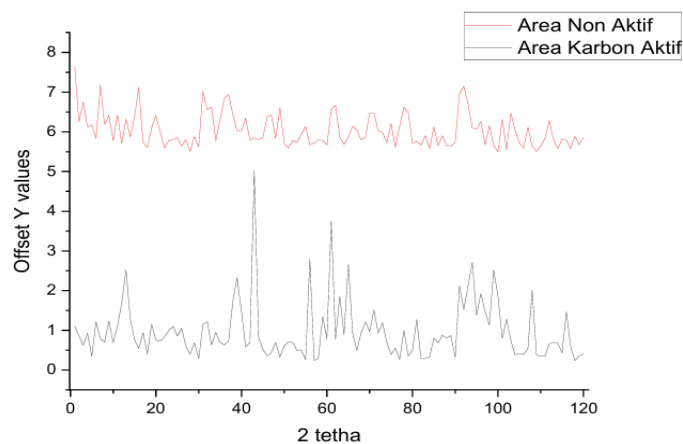
(a)



(b)

Gambar 7. Analisis kandungan senyawa pada katalis karbon kulit kopi (a) sebelum aktivasi dan (b) setelah aktivasi

Berdasarkan Gambar 7, analisis difraktogram XRD menunjukkan perubahan signifikan pada struktur katalis karbon kulit kopi. Pada kondisi sebelum aktivasi (Gambar 7 (a)), pola difraksi menampilkan puncak-puncak yang landai dan tidak tajam, mengindikasikan bahwa struktur yang masih mengandung banyak komponen organik dengan tingkat kristalinitas rendah. Setelah proses aktivasi (Gambar 7 (b)), transformasi struktur terjadi pada katalis yang ditandai dengan munculnya puncak-puncak yang lebih tajam dan terdefinisi. Perubahan ini menunjukkan bahwa proses aktivasi berhasil menghilangkan komponen *volatile*, meningkatkan kristalinitas, dan membentuk struktur karbon yang lebih teratur dengan luas permukaan yang lebih besar.



Gambar 8. Perbandingan grafik karbon aktif sebelum aktivasi dan setelah aktivasi

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan bahwa karbon kulit kopi yang telah diaktivasi memiliki beberapa puncak difraksi, menandakan perubahan struktur. Sebaliknya, karbon sebelum aktivasi cenderung amorf tanpa puncak yang jelas. Hal ini sejalan dengan Gambar 7, yang menunjukkan belum adanya perubahan struktur signifikan sebelum aktivasi. Dengan demikian, proses aktivasi berperan penting dalam membentuk struktur karbon.

Campos, dkk. (2021) menjelaskan bahwa struktur material yang dianalisis menggunakan X-Ray *Diffraction* (XRD) menunjukkan adanya satu puncak lebar utama pada sudut sekitar 20° , yang menandakan bahwa material masih bersifat amorf akibat kandungan selulosa, namun setelah dilakukan proses kalsinasi pola difraksi mengalami perubahan dengan munculnya dua puncak utama pada sekitar 25° dan 43° , mengindikasikan bahwa struktur karbon mulai berkembang menjadi lebih teratur meskipun belum sepenuhnya kristalin [15].

3.4. Hasil Konversi Reaksi Asetilasi Gliserol

Triasetin dapat dibentuk melalui reaksi esterifikasi antara gliserol dengan asam asetat. Esterifikasi gliserol terhadap asam asetat dapat menghasilkan produk bernilai tinggi yaitu monoasetin, diasetin, dan triasetin [16].

Tabel 2. Perbandingan konversi gliserol proses *batch* dan kontinu

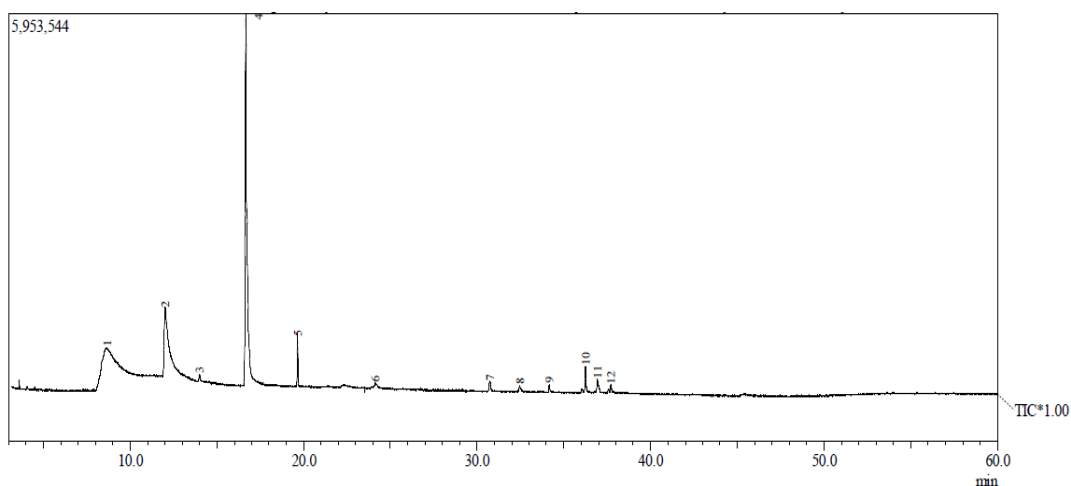
Sintesis Triasetin	Konversi Gliserol (%)
Sintesis Proses Kontinu	43,38
Sintesis Proses <i>Batch</i>	76,75

Berdasarkan Tabel 2, proses pembentukan triasetin secara kontinu menghasilkan konversi gliserol sebesar 43,38% dalam penelitian ini. Namun, proses kontinu ditujukan untuk penerapan berskala besar (*scale-up*) dalam konteks industri. Proses *batch* digunakan sebagai acuan laboratorium untuk memahami karakteristik reaksi dalam kondisi terkendali dengan volume bahan yang lebih kecil.

Menurut Satriadi (2015) disebutkan bahwa hasil penelitian menunjukkan konversi sebesar 67,63% dengan perbandingan rasio mol gliserol dan asam asetat 1:7 menunjukkan nilai yang lebih besar [9]. Nilai konversi tersebut berbeda karena rasio mol yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu 1:6. Namun ada faktor lain yang membuat hasil konversi berbeda yaitu kondisi operasi dan lama reaksi berjalan.

3.5. Analisis Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

Metode GC-MS merupakan metode pemisahan sampel menggunakan kromatografi gas sedangkan Analisis senyawanya menggunakan spektroskopi massa [17].



Gambar 9. Hasil pemisahan komponen produk asetilasi gliserol berdasarkan analisis kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS)

Tabel 3. Hasil analisis GCMS produk asetilasi gliserol dengan katalis karbon aktif kulit kopi

Peak	Retention Time	% Area	Komponen	Rumus Kimia	BM
1	8,658	26,54	Gliserol	$C_3H_8O_3$	92
2	12,029	20,62	Monoasetin	$C_5H_{10}O_4$	134
3	14,006	0,53	Asam Benzoat	$C_7H_6O_2$	122
4	16,673	43,33	Monoasetin	$C_5H_{10}O_4$	134
5	19,657	2,49	Triasetin	$C_9H_{14}O_6$	218
6	24,141	0,67	Heptadekana	$C_{17}H_{36}$	240
7	30,732	0,86	Asam Heksadekanoat	$C_{17}H_{34}O_2$	270
8	32,464	0,60	Asam Heksadekanoat	$C_{17}H_{34}O_2$	270
9	34,169	0,52	Asam Heksadekanoat	$C_{17}H_{34}O_2$	270
10	36,259	1,81	Asam Oktadekanoat	$C_{19}H_{36}O_2$	296
11	36,946	1,32	Asam Oktadekanoat	$C_{19}H_{36}O_2$	296
12	37,725	0,71	Asam Oktadekanoat	$C_{19}H_{36}O_2$	296

Berdasarkan Gambar 9 dan Tabel 3, menunjukkan bahwa produk yang terbentuk tidak sepenuhnya sesuai yang diharapkan, yaitu triasetin produk utama. Data menunjukkan bahwa triasetin hanya terbentuk pada puncak ke-5 dengan persentase area sebesar 2,49%. Selain triasetin, masih terdeteksi berbagai senyawa lain hasil samping dari reaksi asetilasi gliserol. Padmawati, dkk. (2020) menjelaskan bahwa pada rasio mol gliserol dengan asam asetat yaitu 1:6 dengan menggunakan katalis sebanyak 9%, konversi triasetin yang didapat mencapai 76,48% dengan selektivitas yang tinggi terhadap monoasetin dan diasetin [18]. Hasil akhir reaksi ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi operasi selama reaksi, konsentrasi atau jumlah katalis, serta rasio molar reaktan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Katalis karbon aktif dari kulit kopi yang diaktivasi menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) memiliki karakteristik pori dengan ukuran sebesar $9,5 \mu m$ berdasarkan hasil uji SEM. Katalis tersebut menunjukkan titik puncak maksimum sebesar $31,339^\circ$ berdasarkan hasil uji XRD. Reaksi asetilasi gliserol untuk pembuatan triasetin secara kontinu menghasilkan konversi gliserol sebesar 43,38%. Nilai konversi gliserol dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi operasi, lama waktu reaksi, dan jumlah bahan. Hasil analisis GC-MS menunjukkan produk yang terbentuk terdiri dari berbagai senyawa, seperti gliserol, monoasetin, asam benzoat, triasetin, heptadekana, asam heksadekanoat, dan asam oktadekanoat.

Penelitian selanjutnya perlu memastikan bahwa alat reaktor proses kontinu tahan terhadap asam kuat dan suhu tinggi serta mampu mencapai panas reaksi yang diinginkan. Selain itu, penelitian juga perlu mengoptimalkan rasio mol dan waktu reaksi agar diperoleh konversi yang tinggi dan produk yang dihasilkan sesuai dengan tujuan penelitian.

REFERENSI

- [1] P. S. Kong, M. K. Aroua, W. M. A. W. Daud, H. V. Lee, P. Cognet, dan Y. Pérès, "Catalytic Role Of Solid Acid Catalysts In Glycerol Acetylation For The Production Of Bio-Additives: A Review," *RSC Advances*, vol. 6, no. 1, hal. 1–48, 2016.
- [2] L. Li, S. T. Yu, C. X. Xie, F. S. Liu, dan H. J. Li, "Synthesis Of Glycerol Triacetate Using Functionalized Ionic Liquid As Catalyst," *Journal of Chemical Technology and*

- Biotechnology*, vol. 84, no. 11, hal. 1649–1652, 2009.
- [3] L. Efiyanti, S. Sutanto, N. Hakimah, D. A. Indrawan, dan G. Pari, “Karakterisasi Dan Potensi Katalis Karbon Aktif Tersulfonasi Limbah Kayu Pada Reaksi Hidrolisis Sekam Padi Menggunakan Microwave,” *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 37, no. 2, hal. 67–80, 2019.
- [4] T. R. Agusti, D. Agustine, dan I. Nurlatifah, “Esterifikasi Gliserol Produk Samping Biodiesel Menjadi Triasetin Menggunakan Katalis $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$,” *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 3, hal. 290–298, 2020.
- [5] D. Dwi Anggoro, Rispiandi, dan Purwanto, “Hydrolysis Of Eichhornia Crassipes To Glucose Over Sulfonated Active Carbon Catalyst,” *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, vol. 11, no. 2, hal. 67–69, 2015.
- [6] A. A. Puspitasari, N. K. Sumarni, dan Musafira, “Kajian Kapasitas Adsorpsi Arang Kulit Kopi Robusta Teraktivasi ZnCl_2 Terhadap Ion Pb (II),” *Kovalen*, vol. 3, no. 2, hal. 134–141, 2017.
- [7] F. Robbika, A. Rahmawati, dan Yuafni, “Pembuatan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit,” 2021.
- [8] R. Elinaningtyas, “Pembuatan Dan Karakterisasi Katalis Karbon Aktif Teraktivasi H_3PO_4 Dan H_2SO_4 Dari Limbah Kulit Kopi Untuk Reaksi Asetilasi Gliserol,” 2023.
- [9] H. Satriadi, “Kinetika Reaksi Esterifikasi Gliserol Dan Asam Asetat Menjadi Triacetin Menggunakan Katalis Asam Sulfat,” *Teknik*, vol. 36, no. 2, hal. 75–80, 2015.
- [10] A. Muhajir, I. Machdar, dan Mariana, “Produksi Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Kombinasi Metode Aktivasi Secara Kimia dan Steam Tekanan Rendah,” *Jurnal Litbang Industri*, vol. 11, no. 2, hal. 110–116, 2021.
- [11] M. Yudi, “Karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM) Dan Fourier Transform Infrared (FTIR) Sampel Biochar Dari Kulit Kopi Yang Diaktivasi Dengan Kalium Permanganat (KMnO_4),” 2023.
- [12] A. D. Nugroho, “Analisis X-Ray Diffraction (XRD) Pada Brazing Antara Aluminium Seri 6061 Dengan Penambahan Filler Alusol Dan Filler Lokal,” 2020.
- [13] K. Tanaka, H. Aoki, H. Ago, T. Yamabe, dan K. Okahara, “Interlayer Interaction Of Two Graphene Sheets As A Model Of Double-Layer Carbon Nanotubes,” *Carbon*, vol. 35, no. 1, hal. 121–125, 1997.
- [14] W. Lu dan D. D. L. Chung, “Preparation of Conductive Carbons With High Surface Area,” *Carbon*, vol. 39, no. 1, hal. 39–44, 2001.
- [15] G. A. F. Campos, J. P. H. Perez, I. Block, S. T. Sagu, P. S. Celis, A. Taubert, dan H. M. Rawel, “Preparation of Activated Carbons from Spent Coffee Grounds and Coffee Parchment and Assessment of Their Adsorbent Efficiency,” *Processes*, vol. 9, no. 1, hal. 1396, 2021.
- [16] M. Fitri, Marwan, Y. Syamsuddin, dan N. Suriaini, “Intensifikasi Sintesis Diasetin dan Triasetin Melalui Esterifikasi Gliserol Dengan Katalis Berbasis Daun Bambu,” *Journal of Research on Chemistry and Engineering*, vol. 5, no. 1, hal. 42–48, 2024.
- [17] S. Surani, C. Pujiasmoro, dan A. Kadarohman, “Penentuan Suhu Terprogram Optimum pada Analisis Asam Lemak Hasil Ekstrak Mikroalga Chlorella Menggunakan Instrument GCMS,” *Unesa Journal of Chemistry*, vol. 12, no. 1, hal. 20–25, 2023.
- [18] Zakiah, N. Patmawati, A. C. Aprilia, I. R. Maulida, dan N. Hidayati, “Pengaruh

Perbedaan Rasio Mol Gliserol dengan Asam Asetat dan Jumlah Katalis terhadap Konversi Reaksi Asetilasi Gliserol Menggunakan Katalis Karbon Teraktifasi-Asam Sulfat," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan,"* vol. 5, no. 2, hal. 1–8, 2020.