



Pemanfaatan Arang Aktif Berbahan Pelepah Kelapa Sawit sebagai Adsorben Pemurnian Biodiesel dari Minyak Curah

Jeremia Yosafat Rios, Mohammad Prasanto Bimantio^{*)}, Adi Ruswanto

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
INSTIPER Yogyakarta

Jl. Nangka II, Maguwoharjo (Ringroad Utara), Yogyakarta

^{*)Correspondens email:} bimantiomp@instiperjogja.ac.id

ABSTRAK

The trans esterified biodiesel cannot be used immediately, because it still contains reaction residue and impurities. So it needs purification. One of them can use activated charcoal. The material used to make activated charcoal is palm fronds. Palm fronds contain lignocellulosic components, namely 25.08% cellulose, 24.06% hemicellulose and 18.46% lignin. This component can be applied as an adsorbent. The aim of the research was to determine the size of the activated charcoal and the length of time the adsorption of activated charcoal had an effect on biodiesel purification and to find out the best formulation from the ratio of the size of activated charcoal and the adsorption time to biodiesel purification. This study used a complete block design (RBL), with two factors, namely the ratio of activated charcoal size (A) and adsorption time (B) carried out 2 repetitions. For the average results of the analysis of this study, the acid number was 7.66 mg-KOH/gr, the saponification number was 251.75 mg KOH/gr, the density was 0.93 g/ml, the viscosity was 31.64 cst, the chromameter colour was 3.43, the impurities content was 4.4% and GC-MS contained the most compounds, namely 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester with a surface area of 42.80% and a retention time of 27.292 minutes. The conclusion of the study is that the size comparison of activated charcoal and adsorption time made from palm fronds can adsorb impurities in biodiesel.

Keywords: adsorption; activated charcoal; biodiesel; palm fronds

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar minyak bumi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Meningkatnya permintaan akan energi ini menyebabkan eksploitasi alam dan konsumsi energi dari minyak bumi semakin tinggi dan menyebabkan semakin menipisnya cadangan minyak bumi yang terdapat di alam. Melihat kondisi ini pemerintah telah menaruh perhatian khusus untuk pengembangan bahan bakar nabati (disebut sebagai *biofuel*, yang terdiri dari biodiesel, bioetanol dan *pure plant oil*) (Devita, 2015).

Biodiesel adalah bahan bakar yang dapat dibuat menggunakan minyak nabati atau lemak hewani. Biodiesel adalah bahan bakar yang tersusun dari campuran mono-*alkyl* ester

yang berasal dari asam lemak dengan rantai panjang dan sumbernya dapat terus diperbaharui dari alam. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena dapat menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan bahan bakar minyak bumi. Pada umumnya biodiesel dibuat dengan menggunakan 2 macam reaksi yaitu reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi (Efendi dkk., 2018).

Biodiesel yang diperoleh dari tahap transesterifikasi kemudian dipisahkan dan selanjutnya diteruskan ke tahap pemurnian biodiesel. Tahap pemurnian ini bertujuan untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang ada pada biodiesel dari hasil tahap transesterifikasi. Beberapa pengotor yang berada di dalam biodiesel antara lain sisa katalis, metanol yang tidak bereaksi dan sisa gliserol yang akan mempengaruhi kualitas dari biodiesel dan harus dihilangkan biodiesel. Proses pemurnian crude biodiesel cenderung kompleks dan biasanya melibatkan 2 tahap proses pemurnian yaitu *wet washing* dan *dry washing* (Udyani & Wulandari, 2014).

Pada metode *wet washing* terdapat kelemahan yaitu membutuhkan waktu proses pemurnian yang lama, membutuhkan air dengan jumlah yang besar dan juga menghasilkan limbah atau kotoran berupa emulsi sabun, gliserol, dan metanol yang tidak bereaksi dengan biodiesel. Kendala yang terdapat pada proses *wet washing* dapat diatasi dengan menggunakan proses *dry washing*. Metode *dry washing* adalah metode yang menggunakan adsorben pada proses pemurniannya. Proses *dry washing* membutuhkan *mixing unit* dan adsorben yang digunakan juga harus mudah dibuang dan tidak membahayakan bagi lingkungan. Penggunaan adsorben pada umumnya adalah berfungsi untuk menyerap (mengadsorpsi) komponen-komponen bahan pengotor yang terdapat pada minyak atau senyawa trigliserida (Bimantio dkk., 2020).

Dalam proses adsorpsi diperlukan bahan penyerap atau yang biasa disebut dengan adsorben. Beberapa bahan yang dapat dipakai sebagai adsorben antara lain kaolin, zeolit alam, bentonit, alumina silikat dan magnesium silikat. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan penyerapan suatu adsorben adalah luas permukaan aktif adsorben (Sukmawati, 2017). Pada penelitian ini digunakan adsorben arang aktif.

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan arang aktif ini adalah pelepah kelapa sawit. Rata-rata setiap hektar lahan kelapa sawit ditanami ± 130 pohon kelapa sawit dan dapat menghasilkan $\pm 167 \text{ m}^3$ biomassa per hektar. Berupa bagian pelepah dan daun sawit yang dipangkas untuk peremajaan. Pelepah kelapa sawit mengandung komponen lignoselulosa, yaitu selulosa 25,08%, hemiselulosa 24,06% dan lignin 18,46%. Komponen-komponen penyusun yang sangat besar ini dan dengan didukung oleh komponen lignoselulosanya, maka material pelepah sawit ini sangat cocok untuk dikembangkan menjadi material lain yang lebih bermanfaat yaitu arang aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben (Muhdarina dkk., 2020).

Arang aktif adalah karbon yang telah diaktivasi sehingga pori-porinya terbuka dan daya jerapnya lebih besar dari pada karbon biasa. Aktivasi arang untuk membuat arang aktif dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara kimia dan fisika. Dalam penelitian ini aktivasi karbon aktif arang pelepah kelapa sawit menggunakan metode kimia dan fisika, Menurut Sholikhah dkk. (2021) dalam pembuatan arang aktif dengan aktivasi kimia, aktivator yang lebih baik digunakan untuk bahan lignoselulosa, seperti pelepah kelapa sawit, ialah aktivator yang bersifat asam, contohnya seperti Asam Fosfat (H_3PO_4), dibandingkan dengan aktivator yang bersifat basa, seperti Kalium Hidroksida (KOH). Hal ini dikarenakan aktivator asam mampu dalam membuka pori-pori yang terdapat di karbon menjadi lebih besar dibandingkan dengan aktivator basa yang hanya mampu membuka pori karbon yang kecil sehingga daya serap yang dimiliki dengan menggunakan aktivator asam lebih besar dibanding dengan

menggunakan aktivator basa. untuk itu dalam aktivasi kimia peneliti menggunakan aktivator H_3PO_4 .

Selama proses adsorpsi, ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, antara lain adalah waktu kontak dan ukuran partikel dari suatu adsorben. Waktu kontak adsorpsi merupakan hal yang menentukan pada proses adsorpsi. Waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik (Syauqiah dkk., 2020). Sedangkan menurut Zunifer & Fortuna A. (2020). Semakin luas permukaan dari suatu adsorben, maka akan makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

Untuk itu maka akan dilakukan penelitian tentang “Pemanfaatan Arang Aktif Berbahan Pelepah Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Pemurnian Biodiesel Dari Minyak Curah” agar pelepah kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif adsorben biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran dan lama waktu adsorpsi berpengaruh terhadap pemurnian biodiesel menggunakan arang aktif berbahan dasar pelepah kelapa sawit serta mengetahui mana formulasi terbaik dari perbandingan ukuran arang aktif dan lama waktu adsorpsi terhadap proses adsorpsi pemurnian biodiesel.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium *Pilot Plant* dan Laboratorium Analisis Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan April 2022 sampai dengan Juni 2022.

Bahan dan Alat

Adapun bahan yang digunakan untuk pembuatan arang aktif adalah pelepah kelapa sawit, minyak goreng curah, Larutan H_3PO_4 , NaOH, methanol dan untuk analisis KOH 0,1 N, methanol 95%, etanol, KOH 0,5 N, HCL 0,5 N, dan larutan indikator phenolptalin.

Adapun alat yang digunakan untuk pembuatan arang aktif adalah Tungku pirolisis, *muffle furnace*, ayakan tyller dan untuk analisis adalah pompa vakum, *chromameter*, oven, neraca analitik, gelas beker 250 ml dan 500 ml, erlenmeyer 250 ml, buret 10 dan 20 ml, kertas saring, pH meter digital, *magnetic stirrer*, desikator, cawan porselin dan *hot plate*.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Blok Lengkap (RBL) dengan 2 faktor yaitu faktor pertama ukuran arang pelepah dan faktor kedua waktu adsorpsi. Faktor I : ukuran arang pelepah (A), dengan taraf -20+30 mesh, -30+40 mesh dan -40+50 mesh. Faktor II : Waktu Adsorpsi (B), dengan taraf 45 menit, 60 menit dan 75 menit. Percobaan dilakukan dengan mengkombinasikan 2 faktor tersebut yang diulang sebanyak 2 kali sehingga $3 \times 3 \times 2$ diperoleh = 18 satuan eksperimental.

Metode Penelitian

Pembuatan Arang

Pelepah kelapa sawit kering dipotong berukuran kecil. Kemudian, dimasukkan dalam tungku pirolisis dan dipanaskan dengan suhu sampai 110°C selama ± 2 jam, hasilnya dikeluarkan setelah tungku dingin. Arang yang terbentuk, digerus dan diayak dengan ayakan -20+30 mesh, -30+40 mesh, dan -40+50 mesh.

Pembuatan Arang Aktif

Serbuk arang dengan ukuran -20+30 mesh, -30+40 mesh, dan -40+50 mesh. direndam dengan larutan asam fosfat 85% dan dengan rasio impregnasi (penjenuhan zat) serbuk arang

banding bahan perendam 1:2 g/mL selama (24 jam) pada suhu ruang dalam gelas beker 500 mL dan ditutup dengan plastik wrapping. selanjutnya arang dinetralisasi menggunakan air panas hingga air cucian mendekati pH netral (7). Arang setelah aktivasi kimia dilanjutkan aktivasi kembali dengan memasukkan arang kedalam krus porselin dan dikarbonasi di dalam *muffle furnace* selama 3 jam pada suhu 500 °C dan dibiarkan (24 jam) hingga dingin. Tujuannya adalah untuk membuka pori-pori yang terdapat pada arang.

Pemurnian Biodiesel

Pemurnian biodiesel minyak curah menggunakan arang aktif pelepah sawit dilakukan dengan mengacu pada TLUE yang dikerjakan sebagai berikut, Biodiesel diambil sebanyak 100 mL dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan arang aktif pelepah sawit sesuai taraf sebanyak 5% dari berat bahan (5 gr) kemudian dicampur dan dipanaskan selama 60 menit diatas hot plate stirrer dengan suhu 65°C. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman 42 sehingga akan didapatkan biodiesel murni. Biodiesel yang sudah difitrase kemudian disimpan dibotol kaca kemudian dilapisi aluminium foil dan disimpan disuhu ruang.

Analisis Data

Penelitian meliputi proses pembuatan arang, arang aktif, dan pemurnian biodiesel dan dilanjutkan Analisis Bilangan Asam, Bilangan Penyabunan, Densitas, Viskositas, Warna (L^*, a^*, b^*), kandungan metil ester (Metode Gas *Chromatography*), Kadar Kotoran, dan Analisis daya serap iod.

Data yang diperoleh kemudian dilakukan uji statistik menggunakan uji beda (uji-t) untuk mengetahui pengaruh perlakuan dibandingkan sampel kontrol terhadap parameter yang dianalisis. Dilakukan pula uji Anova untuk mengetahui pengaruh taraf dan variable terhadap parameter analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh perbedaan ukuran arang aktif dan waktu adsorpsi arang aktif pada pemurnian biodiesel minyak goreng curah menggunakan arang aktif berbahan dasar pelepah kelapa sawit yang dihasilkan dapat diketahui dengan melakukan analisis bilangan asam, bilangan penyabunan, densitas, viskositas, warna (L^*, a^*, b^*), kadar kotoran, daya serap iodin arang aktif dan analisis kandungan metil ester (Metode Gas *Chromatography*). Adapun rerata setiap hasil analisis uji beda antara sampel kontrol berupa biodiesel sebelum adsorpsi dengan biodiesel setelah perlakuan adsorpsi dapat dilihat pada tabel 1 ini.

1. Uji T

Tabel 1. Hasil Uji T Sampel

Sampel	Test Value sampel Kontrol	Rerata perlakuan sampel	Signifikasi 5%	Signifikasi 1%
Bilangan asam (mg-KOH/gr)	8,79	7,66	<0.001	<0.001
Bilangan penyabunan (mg-KOH/gr)	245,19	251,75	<0.001	<0.001
Densitas (g/ml)	0,97	0,93	<0.001	<0.001
Viskositas (cst)	41,12	33,97	<0.001	<0.001
Warna <i>Chromameter</i>	38,07	3,43	<0.001	<0.001
Kotoran (%)	6,7%	4,4%	<0.001	<0.001

Berdasarkan rerata data tabel 1, Uji T bilangan asam pada rerata sampel terhadap sampel kontrol mengalami penurunan menjadi semakin bagus kualitasnya. Penurunan rerata sampel bilangan asam hasil adsorpsi dengan sampel kontrol menunjukkan adanya beda nyata yang signifikan. Hal ini disebabkan arang aktif berbahan pelepah sawit efektif dalam

menyerap asam lemak bebas (ALB) yang terkandung didalam biodiesel sehingga menyebabkan penurunan rerata pada bilangan asam biodiesel.

Uji T bilangan penyabunan pada rerata sampel terhadap sampel kontrol mengalami kenaikan sehingga kualitas biodiesel menjadi semakin bagus. kenaikan rerata sampel bilangan penyabunan hasil adsorpsi dengan sampel kontrol menunjukkan adanya beda nyata yang signifikan. Hal ini disebabkan arang aktif berbahan pelepah sawit efektif dalam menyerap asam lemak bebas (ALB) yang terkandung didalam biodiesel sehingga menyebabkan kenaikan rerata pada bilangan penyabunan biodiesel.

Uji T densitas pada rerata sampel terhadap sampel kontrol mengalami penurunan sehingga menyebabkan kualitas dari biodiesel semakin baik. Penurunan rerata sampel densitas hasil adsorpsi dengan sampel kontrol menunjukkan adanya beda nyata yang signifikan. Hal ini disebabkan kemampuan arang aktif yang efektif dalam menyerap kotoran-kotoran yang terkandung didalam biodiesel sehingga menyebabkan penurunan rerata pada densitas biodiesel.

Uji T viskositas pada rerata sampel terhadap sampel kontrol mengalami penurunan sehingga kualitas biodiesel menjadi semakin baik. Penurunan rerata sampel viskositas hasil adsorpsi dengan sampel kontrol menunjukkan adanya beda nyata yang signifikan. Hal ini disebabkan arang aktif yang dapat menyerap zat pengotor yang terdapat pada biodiesel sehingga menyebabkan penurunan rerata viskositas.

Uji T warna *Chromameter* pada rerata sampel terhadap sampel kontrol mengalami penurunan sehingga menyebabkan biodiesel semakin jernih dan kualitas biodiesel semakin baik. Penurunan rerata sampel warna *Chromameter* hasil adsorpsi dengan sampel kontrol menunjukkan adanya beda nyata yang signifikan. Hal ini terjadi karena kemampuan arang aktif dalam menyerap partikel pengotor yang dapat membuat intensitas warna dari biodiesel menjadi gelap itu efektif, sehingga terjadi kenaikan intensitas warna dari biodiesel menjadi semakin cerah.

Uji T kotoran pada rerata sampel terhadap sampel kontrol mengalami penurunan sehingga kotoran yang terdapat pada biodiesel semakin sedikit dan membuat kualitas biodiesel semakin baik. Penurunan rerata sampel kotoran hasil adsorpsi dengan sampel kontrol menunjukkan adanya beda nyata yang signifikan. Hal ini dikarenakan bahwa arang aktif efektif dalam menyerap kotoran yang terdapat pada biodiesel sehingga terjadi penurunan persentase dari kotoran yang terdapat pada biodiesel.

2. Daya Serap Iodin Arang Aktif Pelepah Sawit

Tabel 2. Hasil Analisis Daya Serap Iodin Arang Aktif

Sampel	Nilai Daya Serap Iod
-20+30 mesh	239,47 mg/g
-30+40 mesh	264,36 mg/g
-40+50 mesh	302,937 mg/g

Pada penelitian ini didapati nilai daya serap iodin yang berbeda-beda, pada perlakuan -20+30 mesh (A1) didapati nilai 239,47 mg/g, -30+40 mesh (A2) didapati nilai 264,36 mg/g, dan -40+50 mesh (A3) didapati nilai 302,937 mg/g. dari data ini dapat diketahui bahwa semakin kecil ukuran partikel maka daya serap akan semakin besar contohnya pada perlakuan -40+50 mesh memiliki daya serap iodin sebesar 302,937 mg/g. Hal ini disebabkan oleh semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin luas permukaan arang aktif dan semakin besar zat yang dapat terserap atau teradsorpsi.

Hal ini sejalan dengan penelitian Imelda dkk. (2019) yang menjelaskan bahwa Semakin kecil ukuran partikel dari arang aktif maka akan semakin besar luas permukaan

arang aktif dan semakin besar juga konsentrasi yang terserap. Untuk sampel terbaik dari ketiga perlakuan ini terdapat pada perlakuan (A3) arang aktif ukuran -40+50 mesh yang mampu menyerap iodine sebesar 302,937 mg/g. semakin banyak iodine yang dapat di serap maka akan semakin bagus pula arang aktif tersebut.

Namun nilai daya serap iodine ini masih belum sesuai dengan nilai Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 yaitu minimal 750 mg/g. hal ini disebabkan pada saat proses pencucian yang kurang maksimal sehingga ada zat kimia yang diduga masih menutupi pori-pori arang aktif. akan tetapi untuk Standar Industri Indonesia (SII) No. 0258-79 yaitu minimal sebesar 200 mg/gr. Arang aktif ini sudah sesuai atau melewati batas standar minimal.

3. Analisis Bilangan Asam

Tabel 3. Rerata Bilangan Asam Biodiesel

Ukuran Arang Aktif	Waktu Adsorpsi			Rerata A
	B1 (45 Menit)	B2 (60 menit)	B3 (75 Menit)	
A1 (-20+30 mesh)	7,86	8,35	8,48	8,23 ^x
A2 (-30+40 mesh)	7,38	7,72	8,22	7,78 ^y
A3 (-40+50 mesh)	7,01	6,33	7,65	7,00 ^z
Rerata B	7,41 ^a	7,46 ^a	8,12 ^b	

Keterangan: rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5 %

Hasil *uji two way* analisis keragaman untuk analisis bilangan asam, dengan 2 faktor perbandingan yaitu, didapati faktor (A) untuk ukuran arang aktif berpengaruh sangat nyata terhadap bilangan asam biodiesel. Nilai rata-rata bilangan asam tertinggi pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada faktor (A1) arang aktif ukuran -20+30 mesh dengan nilai 8,23 mg KOH/g. sedangkan nilai rata – rata bilangan asam terendah pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada faktor (A3) arang aktif ukuran -40+50 mesh dengan nilai 7,00 mg KOH/g. dari data rata-rata dapat diketahui bahwa semakin kecil ukuran partikel maka nilai bilangan asam akan semakin kecil atau turun. Hal ini disebabkan penambahan arang aktif dengan ukuran partikel semakin kecil maka daya jerap pada bilangan asam akan semakin besar sehingga menyebabkan kemampuan adsorpsi atau daya jerap akan semakin besar dan menyebabkan bilangan asam akan turun. Hal ini sejalan dengan penelitian Yamliha dkk. (2013) semakin kecil ukuran partikel dari arang aktif berarti luas permukaannya semakin besar. Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak zat yang dapat teradsorpsi.

Sedangkan faktor B untuk waktu adsorpsi didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap bilangan asam biodiesel. pada waktu adsorpsi (B) arang aktif pelepah kelapa sawit pada pemurnian biodiesel dapat kita lihat pada hasil rata-rata terlihat proses adsorpsi pada waktu 45 menit (A1) mengalami penurunan cukup signifikan dengan nilai 7,41 mg KOH/g. pada faktor (B) lama waktu adsorpsi sebenarnya tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan bilangan asam, namun yang menjadi faktor yang paling berpengaruh dalam penyerapan atau adsorpsi adalah kemampuan arang aktif itu sendiri untuk menyerap atau mengadsorpsi suatu zat pengotor.

Hal ini dapat kita lihat pada sampel A1B1, A2B1, dan A3B2, penyerapan atau pengadsorpsian maksimal terjadi pada sampel tersebut sehingga menyebabkan penurunan rata-rata pada taraf waktu 45 menit (B1) dan waktu 60 menit (B2). Setelah terjadi

pengadsorpsian maksimal atau setelah arang aktif mengalami kejenuhan maka akan terjadi pelepasan kembali zat-zat pengotor yang telah terjerap tadi sampai terjadi kesetimbangan.

Hal ini sejalan dengan dengan penelitian Aisyahlika et al., (2018) semakin lama waktu kontak arang aktif maka permukaan yang kosong akan semakin berkurang sehingga kemampuan adsorben untuk menyerap molekul zat pengotor menurun, bersamaan dengan ini laju pelepasan kembali molekul zat warna justru meningkat hingga mencapai suatu kesetimbangan. Hal ini dapat kita lihat pada rata-rata waktu kontak 60 menit (B2) dan 75 menit (B3) terjadi kenaikan bilangan asam dengan nilai 7,46 mg KOH/g dan 8,12 mg KOH/g.

Untuk sampel terbaik pada bilangan asam terdapat pada perlakuan A3B2 dengan nilai bilangan asam terendah 6,28 mg KOH/g. Nilai bilangan asam biodiesel pada perlakuan A3B2 memiliki nilai terendah yang mendekati nilai maksimal SNI. Oleh sebab itu perlakuan ini dapat menjadi perlakuan terbaik dari analisis ini. Nilai bilangan asam yang tinggi dapat membuat mesin menjadi korosi oleh sebab itu nilai bilangan asam ini harus rendah sampai sesuai dengan standar yang berlaku.

Namun dari data yang dihasilkan bilangan asam biodiesel belum memenuhi syarat SNI 7182:2015 maksimal 0,5 mg KOH/g. Hal ini disebabkan beberapa sebab yaitu bilangan asam pada biodiesel sebelum dimurnikan cenderung tinggi yaitu 8,79 mg KOH/g. Tingginya bilangan asam mengindikasikan selama pembuatan biodiesel Ketika proses transesterifikasi tidak terjadi dengan sempurna atau asam lemak bebas yang terdapat pada minyak goreng tidak terkonversi menjadi metil ester.

4. Bilangan Penyabunan

Table 4. Rerata Bilangan Penyabunan Biodiesel

Ukuran Arang Aktif	Waktu Adsorpsi			Rerata A
	B1 (45 Menit)	B2 (60 menit)	B3 (75 Menit)	
A1 (-20+30 mesh)	250,96	249,97	249,77 ^x	249,77 ^x
A2 (-30+40 mesh)	253,22	251,85	251,28 ^x	251,28 ^x
A3 (-40+50 mesh)	254,24	256,34	254,20 ^y	254,20 ^y
Rerata B	252,81 ^x	252,72 ^x	249,72 ^y	

Keterangan: rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5 %

Berdasarkan hasil *uji two way* analisis keragaman untuk analisis bilangan penyabunan, dengan 2 faktor perbandingan yaitu, didapati faktor (A) untuk ukuran arang aktif didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap bilangan penyabunan biodiesel. Pada bilangan penyabunan biodiesel nilai tertinggi terdapat pada rerata ukuran partikel -40+50 mesh (A3) yaitu 254,20 mg-KOH/g dan bilangan penyabunan dengan nilai terendah terdapat pada rerata ukuran partikel -20+30 mesh (A1) dengan nilai 249,77 mg-KOH/g. dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin kecil ukuran partikel maka bilangan penyabunan nya akan semakin naik. Hal ini disebabkan semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin banyak asam lemak bebas yang terjerap dan membuat bilangan penyabunan angkanya naik. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurdiani dkk. (2021) yang menyatakan Ukuran partikel arang aktif yang semakin kecil juga sangat mempengaruhi kemampuan dalam mengadsorpsi. Semakin kecil ukuran partikel arang aktif, maka proses adsorpsi akan berjalan semakin baik.

Kemudian faktor (B) untuk waktu adsorpsi didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap bilangan penyabunan biodiesel. Rerata waktu adsorpsi 45 menit (B1) yaitu 252,81

mg-KOH/g dan bilangan penyabunan dengan nilai terendah terdapat pada rerata waktu adsorpsi 75 menit (B3) dengan nilai 249,72 mg-KOH/g. dari data tersebut dapat kita ketahui bahwa semakin lama waktu yang digunakan maka akan semakin kecil bilangan penyabunan. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Wijayanti dkk. (2012) yang menyatakan semakin lama waktu pengadukan menunjukkan maka nilai bilangan penyabunan cenderung meningkat. Hal ini disebabkan dari kemampuan suatu arang aktif dalam menyerap asam lemak bebas sehingga dengan rendahnya kadar asam lemak bebas dapat meningkatkan bilangan penyabunan. Arang aktif memiliki waktu maksimal dalam penyerapan, contohnya pada perlakuan -20+30 mesh (A1) dan -30+40 mesh (A2) memiliki penyerapan yang baik pada waktu 45 menit (B1) sehingga menyebabkan kenaikan pada bilangan penyabunan. Dan pada perlakuan 75 menit (B3) rata-rata kemampuan adsorpsi sudah menurun sehingga menyebabkan bilangan penyabunan ikut turun. Angka penyabunan menunjukkan berat molekul lemak dan minyak secara kasar. Minyak yang disusun oleh asam lemak berantai karbon yang pendek berarti mempunyai berat molekul yang relatif kecil, akan mempunyai angka penyabunan yang besar dan sebaliknya bila minyak mempunyai berat molekul yang besar, maka angka penyabunan relatif kecil (Raja, 2020).

Untuk hasil nilai bilangan penyabunan terbaik pada penelitian ini dengan nilai 254,40 mg-KOH/gr telah sesuai dengan syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2006 sebesar < 500. Untuk sampel terbaik pada analisis bilangan penyabunan ini terdapat pada perlakuan sampel A1B3 dengan nilai bilangan penyabunan 257,47 mg KOH/g. semakin tinggi bilangan penyabunan maka akan semakin rendah bilangan asam dan akan semakin bagus kualitas minyak dari biodiesel tersebut.

5. Analisis Densitas

Table 5. Rerata Densitas Biodiesel

Ukuran Arang Aktif	Waktu Adsorpsi			Rerata A
	B1 (45 Menit)	B2 (60 menit)	B3 (75 Menit)	
A1 (-20+30 mesh)	0,93	0,94	0,95	0,94 ^x
A2 (-30+40 mesh)	0,91	0,93	0,94	0,92 ^y
A3 (-40+50 mesh)	0,92	0,90	0,93	0,91 ^y
Rerata B	0,91 ^a	0,92 ^a	0,94 ^b	

Keterangan: rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%

Hasil *uji two way* analisis keragaman untuk analisis densitas, dengan 2 faktor perbandingan yaitu, didapati faktor (A) untuk ukuran arang aktif didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap densitas biodiesel. Dapat kita lihat untuk rerata nilai densitas tertinggi terdapat pada arang aktif berukuran -20+30 mesh (A1) yakni sebesar 0,94 g/ml. dan rata-rata terendah terdapat pada ukuran arang aktif -40+50 mesh (A3) yaitu sebesar 0,91 g/ml. Semakin kecil ukuran partikel arang aktif maka akan semakin turun nilai densitas. hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel dari arang aktif pelepah sawit memiliki pengaruh pada daya jerap dari arang aktif dengan kotoran-kotoran berupa gliserol, air, dan asam lemak bebas yang terdapat pada biodiesel. Semakin kecil ukuran arang maka akan semakin banyak kotoran yang terjepap dan membuat nilai densitas akan semakin turun. Hal ini sejalan dengan

penelitian menurut Ratno & Mawarani (2013) bahwa nilai massa jenis suatu zat mempunyai kecenderungan menurun seiring dengan semakin kecil ukuran partikel arang aktif.

Sedangkan pada faktor (B) untuk waktu adsorpsi didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap densitas biodiesel. Nilai terendah densitas terdapat pada waktu 45 menit (B1) dengan nilai 0,91 g/ml dan nilai tertinggi densitas terdapat pada waktu 75 menit (B3) yaitu 0,94 g/ml. hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Tumanggor & Ayu (2021) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak karbon aktif maka semakin kecil nilai berat jenis yang diperoleh. Hal ini disebabkan oleh ada beberapa arang aktif yang memiliki daya jerap yang maksimal pada waktu tertentu, seperti pada perlakuan arang aktif ukuran -20+30 mesh (A1) dan -30+40 mesh (A2) yang memiliki waktu penyerapan maksimal pada 45 menit, setelah waktu 45 menit maka pori-pori yang terdapat pada arang aktif akan jenuh dan mulai melepaskan kembali kotoran yang terdapat pada biodiesel. Namun perbedaan terdapat pada perlakuan arang aktif ukuran -40+50 mesh (A3), daya jerap maksimal karbon aktif tersebut terdapat pada waktu 60 menit. Hal ini sejalan dengan penelitian Ariyanto dkk., (2021) yang menyatakan bahwa Pada saat pori-pori adsorben telah terisi penuh oleh molekul-molekul adsorbat maka akan terjadi kejenuhan didalamnya dan mengakibatkan kereaktifan menurun dan kesetimbangan adsorpsi tercapai.

Untuk sampel terbaik pada sampel A3B2 yang memiliki nilai densitas 0,90 g/ml. Hal ini dikarenakan nilai tersebut hampir mendekati nilai standar SNI. Semakin kecil nilai densitas maka kualitas biodiesel akan semakin bagus. Namun dari data yang dihasilkan densitas biodiesel belum memenuhi syarat SNI 7182:2015 maksimal 0,86 – 0,89 ml/g. hal ini disebabkan beberapa sebab yaitu densitas pada biodiesel sebelum dimurnikan cenderung tinggi yaitu 0,97 g/ml. Densitas biodiesel dipengaruhi oleh kandungan komponen asam lemak tak-jenuh, dengan densitas yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan kandungan asam lemak tak-jenuh.

6. Analisis Viskositas

Table 6. Rerata Viskositas Biodiesel

Ukuran Arang Aktif	Waktu Adsorpsi			Rerata A 5%
	B1 (45 Menit)	B2 (60 menit)	B3 (75 Menit)	
A1 (-20+30 mesh)	33,08	35,37	36,28	34,91 ^x
A2 (-30+40 mesh)	32,79	34,40	35,48	34,22 ^{xy}
A3 (-40+50 mesh)	32,21	30,99	35,10	32,80 ^y
Rerata B	32,69 ^a	33,59 ^a	35,65 ^b	

Keterangan: rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%

Berdasarkan Hasil *uji two-way* analisis keragaman untuk viskositas, dengan 2 faktor perbandingan yaitu, didapati faktor A untuk ukuran arang aktif hasil berpengaruh sangat nyata terhadap viskositas biodiesel. Hal ini disebabkan ukuran partikel dari arang aktif pelepah sawit memiliki pengaruh pada daya jerap dari arang aktif terhadap kandungan pengotor yang membuat biodiesel kental. Nilai rata-rata viskositas tertinggi pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada arang aktif (A1) ukuran -20+30 mesh dengan nilai 32,83 cst, sedangkan nilai rata – rata viskositas terendah pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada arang aktif (A3) ukuran -40+50 mesh dengan nilai 30,23 cst. Dari rerata diatas didapati bahwa semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin rendah

viskositas yang terdapat pada biodiesel. Semakin kecil ukuran partikel amaka akan semakin banyak kotoran yang terperap sehingga menyebabkan viskositas akan semakin menurun, contohnya pada rerata perlakuan (A3) -40+50 mesh yang memiliki nilai viskositas 30,23 cst. Hal ini sejalan dengan penelitian Allamah (2015) yang menyatakan bahwa jika adsorben yang digunakan adalah arang aktif semakin kecil ukuran partikel adsorben maka nilai viskositas kinematik biodiesel cenderung semakin turun. Hal ini terbukti bahwa arang aktif dapat menyerap zat pengotor yang terdapat pada biodiesel sehingga menyebabkan penurunan viskositas.

Sedangkan untuk faktor lama waktu adsorpsi (B) untuk waktu adsorpsi didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap viskositas biodiesel. Nilai rata-rata viskositas tertinggi pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada lama waktu adsorpsi (A3) 75 menit dengan nilai 33,71 cst, sedangkan nilai rata – rata viskositas terendah pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada lama waktu adsorpsi (A1) 45 menit dengan nilai 30,21 cst. Dari data rata-rata tersebut dapat diketahui bahwa semakin sebentar lama waktu adsorpsi maka nilai viskositas akan semakin menurun. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Hadiah dkk. (2020) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu adsorpsi maka viskositasnya akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena situs aktif pada adsorben mengalami kejenuhan pada waktu tertentu, contohnya pada perlakuan A1 dan A2, kemampuan maksimal adsorpsi dari adsorben terdapat pada waktu adsorsori 45 menit (B1) dan pada A3 maksimal waktu adsorpsi 75 menit (B2) hal inilah yang menyebabkan pada waktu adsorpsi 60 menit (A2) dan 45 menit (A1) mengalami penurunan rata-rata.

Namun dari data yang dihasilkan viskositas biodiesel belum memenuhi syarat SNI 7182:2015 maksimal 2,3 – 6,0 cst. hal ini disebabkan beberapa sebab yaitu viskositas pada biodiesel sebelum dimurnikan cenderung tinggi yaitu 41,12 cst. Selain itu viskositas biodiesel juga dipengaruhi oleh Panjang rantai asam lemak yang terdapat dalam biodiesel. Semakin panjang rantai asam lemak maka semakin tinggi viskositasnya. Untuk sampel terbaik pada analisis viskotitas terdapat pada sampel A3B2 dengan nilai 30,48 cst dikarenakan nilai ini mendekati dengan nilai standar SNI. Semakin kecil nilai viskositas maka akan semakin baik kualitas biodiesel tersebut.

7. Analisis Warna *Chromameter*

Tabel 7. Rerata Warna *Chromameter* Biodiesel

Ukuran Arang Aktif	Waktu Adsorpsi			Rerata A
	B1 (45 Menit)	B2 (60 menit)	B3 (75 Menit)	
A1 (-20+30 mesh)	3,57	2,87	2,83	3.09 ^x
A2 (-30+40 mesh)	3,76	3,22	2,85	3.27 ^x
A3 (-40+50 mesh)	3,60	4,63	3,53	3.92 ^y
Rerata B	3,64 ^a	3.57 ^b	3.07 ^b	

Keterangan: rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%

Berdasarkan hasil Hasil *uji two way* analisis keragaman untuk analisis warna *Chromameter*, dengan 2 faktor perbandingan yaitu, didapati faktor A untuk ukuran arang aktif didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap warna *Chromameter* biodiesel. Nilai rata-

rata kecerahan warna tertinggi pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada arang aktif (A1) ukuran -20+30 mesh dengan nilai 3,09, sedangkan nilai rata – rata kecerahan warna biodiesel terendah terdapat pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada arang aktif (A3) ukuran -40+50 mesh dengan nilai 3,92. Dari rerata diatas dapat kita lihat bahwa semakin tinggi angkanya maka akan semakin cerah warna dari biodiesel yang di murnikan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil partikel arang aktif atau adsorben maka akan semakin meningkatkan kecerahan dari suatu adsorbat atau biodiesel. Penyebabnya adalah semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin banyak partikel pengotor yang terjepit kedalam arang aktif. Hal ini sejalan dengan penelitian Sera et al., (2019) yang menyatakan zat warna tersebut dapat terikat pada adsorben, Perlakuan dengan adsorben pada berbagai perlakuan jika dilihat secara kasat mata hampir semua terlihat sama warnanya. Kekeruhan dapat berkurang akibat kemampuan adsorben dalam menyerap partikel padat penyebab kekeruhan. Luas permukaan dari adsorben bertindak sebagai penjerap bahan-bahan yang tersuspensi pada minyak. Hal inilah yang menyebabkan perubahan warna pada minyak.

Kemudian untuk faktor (B) waktu adsorpsi didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap warna *Chromameter* biodiesel rerata nilai tertinggi dari kecerahan warna terdapat pada taraf 45 menit (B1) dengan nilai 3,64 dan rerata nilai terendah terdapat pada pada taraf 75 menit (B3) dengan nilai 3,07. Dari data rerata diatas dapat dilihat bahwa semakin sebentar lama waktu adsorpsi maka akan semakin cerah warna dari biodiesel. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Hakim dkk. (2021) yang menyatakan semakin lama waktu pengadukan, nilai rata-rata tingkat kecerahan mengalami peningkatan. pengadukan yang lama dapat meningkatkan daya adsorpsi adsorben terhadap adsorbat. Hal ini disebabkan oleh arang aktif dengan ukuran partikel yang berbeda-beda maka akan memiliki waktu adsorpsi maksimal yang berbeda-beda pula. Contohnya pada taraf -20+30 mesh (A1) dan -30+40 mesh (A2) memiliki waktu maksimal penyerapan pada waktu 45 menit dan taraf -40+50 mesh (A3) pada waktu 60 menit. Hal ini lah menyebabkan hasil rerata pada penelitian ini berbanding terbalik.

Untuk sampel terbaik dari analisis warna *Chromameter* terdapat pada sampel yang didapati ΔE tertinggi terdapat pada sampel A3B2 dengan nilai 4,69. semakin tinggi nilai ΔE maka akan semakin cerah warna dari biodiesel dan menandakan semakin sedikit kotoran yang terkandung didalam biodiesel.

8. Analisis Kotoran

Tabel 8. Rerata Kadar Kotoran Biodiesel

Ukuran Arang Aktif	Waktu Adsorpsi			Rerata A 5%
	B1 (45 Menit)	B2 (60 menit)	B3 (75 Menit)	
A1 (-20+30 mesh)	4,2%	4,7%	4,9%	4,62% ^x
A2 (-30+40 mesh)	3,9%	4,6%	4,8%	4,43% ^y
A3 (-40+50 mesh)	4,3%	3,5%	4,6%	4,17% ^z
Rerata B	4,15% ^a	4,27% ^a	4,80% ^b	

Keterangan: rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *Duncan* pada jenjang nyata 5%

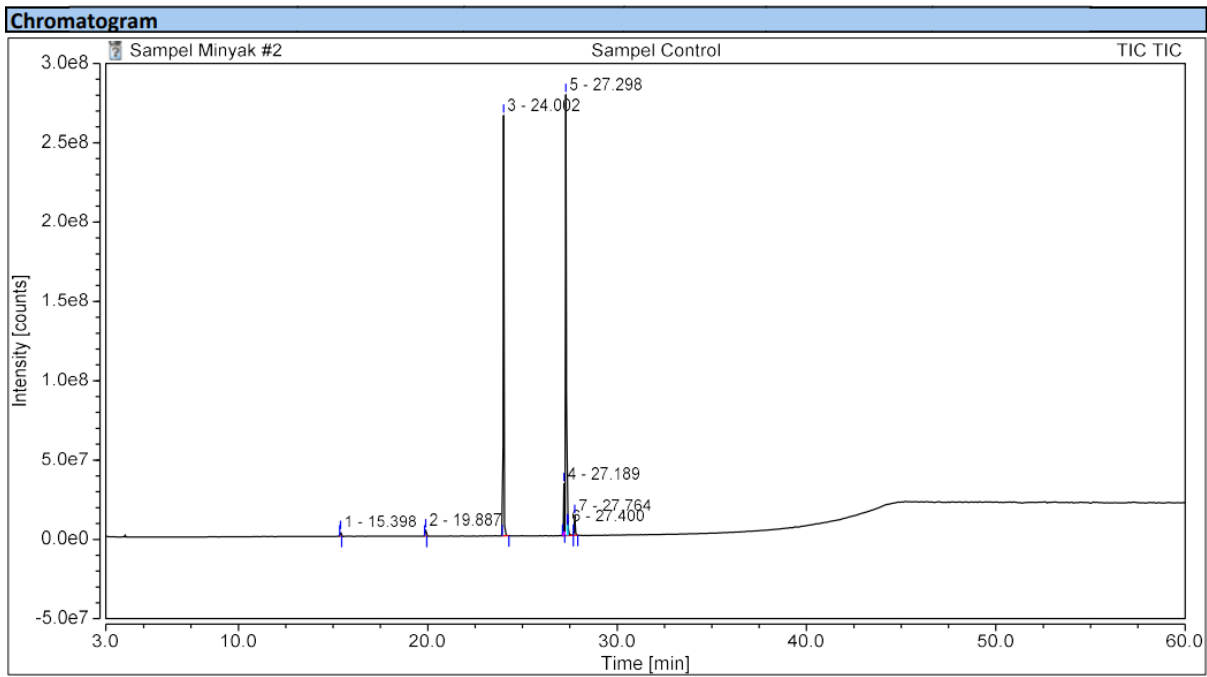
Berdasarkan hasil Hasil *uji two way* analisis keragaman untuk analisis kadar kotoran, dengan 2 faktor perbandingan yaitu, didapati faktor A untuk ukuran arang aktif didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap kadar kotoran biodiesel. Hal ini disebabkan ukuran partikel dari arang aktif pelepah sawit memiliki pengaruh pada daya jerap dari arang aktif terhadap kadar kotoran yang terdapat pada biodiesel. Nilai rata-rata kotoran tertinggi pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada faktor (A1) arang aktif ukuran -20+30 mesh dengan nilai 4,62%, sedangkan nilai rata – rata kadar kotoran terendah pada penambahan arang aktif pemurnian biodiesel terdapat pada faktor (A3) arang aktif ukuran -40+50 mesh dengan nilai 4,17%. dari data rata-rata dapat diketahui bahwa semakin kecil ukuran partikel maka nilai kadar kotorannya akan semakin kecil atau turun. Hal ini sejalan dengan penelitian Robiah (2019) yang menyatakan Pemurnian minyak dengan menggunakan adsorben dapat meningkatkan kualitas dari minyak. Proses peningkatan kualitas dari minyak dilakukan dengan cara menghilangkan senyawa-senyawa yang teroksidasi, zat warna, senyawa non polar dan berbagai macam senyawa polimer.

Kemudian untuk faktor (B) untuk waktu adsorpsi didapati hasil berpengaruh sangat nyata terhadap kadar kotoran biodiesel. Kadar kotoran biodiesel terendah terdapat pada rerata waktu adsorpsi 45 menit (B1) yaitu 4,15% dan kadar kotoran dengan nilai tertinggi terdapat pada rerata waktu adsorpsi 75 menit (B3) dengan nilai 4,80%. Dari data diatas dapat kita ketahui bahwa semakin lama waktu maka akan semakin tinggi kadar kotoran dari biodiesel. Hal ini disebabkan oleh kemampuan yang berbeda dari setiap ukuran arang aktif, arang aktif memiliki waktu maksimal dalam menyerap adsorben, hal ini terbukti dari kemampuan penyerapan untuk taraf arang aktif ukuran -20+30 mesh (A1) dan -30+40 mesh (A2) yang kemampuan maksimal penyerapan kotorannya pada waktu 45 menit (B1). Setelah arang aktif mengalami kesetimbangan atau daya jerap maksimal yang terjadi selanjutnya adalah desorpsi, desorpsi adalah proses pelepasan kembali kotoran yang terdapat atau terikat pada adsorben. Hal ini sejalan dengan penelitian Hasni dkk. (2020) yang menyatakan apabila arang aktif telah mengalami kesetimbangan maka akan terjadi desorpsi.

Untuk sampel terbaik pada analisis kadar kotoran biodiesel terdapat pada sampel A3B2 dengan nilai kotoran terendah 3,5%, semakin rendah persentase kotoran maka akan semakin bagus kualitas biodiesel. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil persentase dari kotoran maka akan semakin sedikit zat pengotor yang terdapat pada biodiesel.

9. Analisis GC-MS Biodiesel

Metil ester yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi selanjutnya dianalisis dengan menggunakan GC-MS. Analisis ini menghasilkan puncak-puncak kromatogram yang masing masing menunjukkan jenis metil ester yang spesifik. Hasil analisa GC-MS biodiesel sampel control ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kromatogram Sampel Control Biodiesel

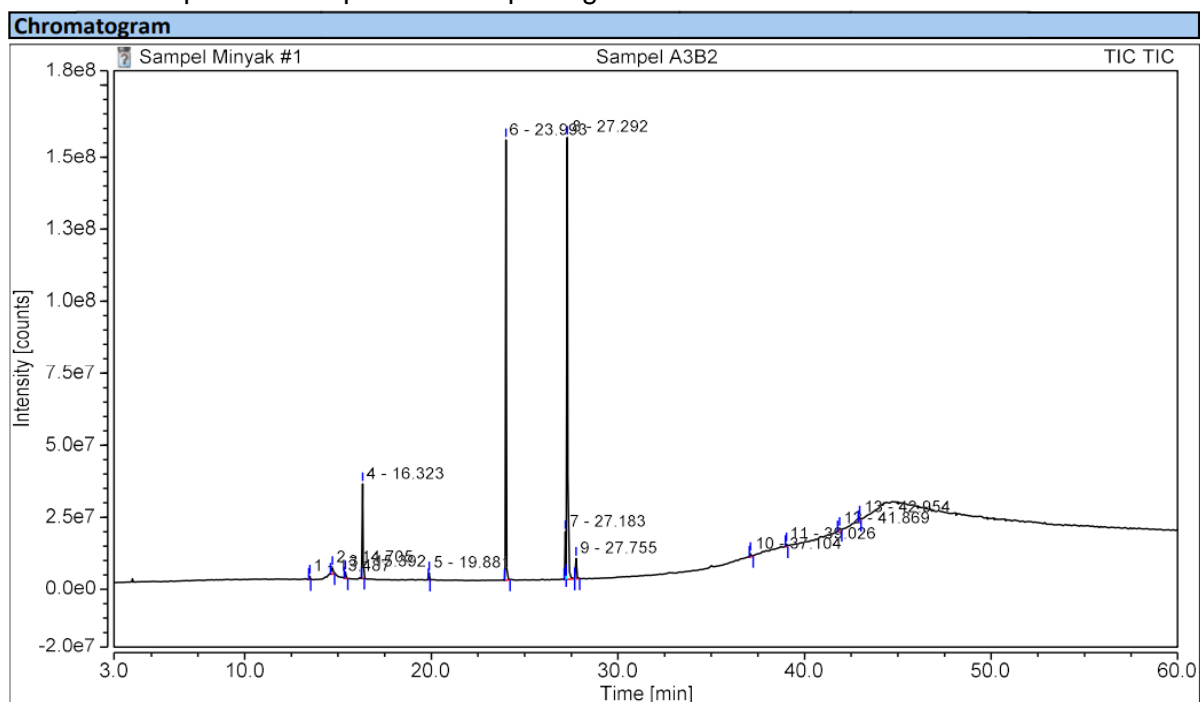
Tabel 9. Senyawa Yang Terdapat Pada Sampel Control Biodiesel

Peak	Waktu Retensi, tR (menit)	Luas Puncak (%)	Tinggi puncak (%)	Hit 1	Hit 2	Hit 3
1.	15.398	0.42	0,48	Dodecanoic acid, methyl ester	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	Methyl 8-methyl-nonanoate
2.	19.887	0.61	0,64	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	Methyl tetradecanoate	Methyl 8-methyl-nonanoate
3.	24.002	42.55	44,22	Hexadecanoic acid, methyl ester	Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	Pentadecanoic acid, methyl ester
4.	27.189	4.52	5,22	Methyl 9-cis,11-trans-octadecadienoate	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	Methyl 10-trans,12-cis-octadecadienoate
5.	27.298	48.30	46,36	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester	cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester
6.	27.400	1.47	1,01	10-Octadecenoic acid, methyl ester	trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester	11-Octadecenoic acid, methyl ester
7.	27.764	2.13	2,07	Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester	Methyl stearate	Heptadecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester

Hasil kromatogram untuk sampel control yang diperoleh menunjukkan adanya 7 puncak dengan waktu retensi (tR) dan luas area puncak (%). Analisis GC-MS pada metil ester hasil reaksi transesterifikasi menunjukkan jumlah dan jenis ester yang berbeda. Hal ini ditandai

dengan adanya 7 puncak-puncak senyawa ester yang muncul dengan puncak tajam dan waktu retensi yang berbeda-beda. Analisis GC-MS telah mengidentifikasi terdapat 3 puncak yang memiliki nilai luas area yang lebih tinggi dari 7 puncak yang terdeteksi sebagai metil ester.

Kromatogram hasil deteksi GC-MS menunjukkan bahwa 3 puncak tertinggi tersebut masing-masing adalah puncak 3 dengan 3 hit yaitu merupakan Hexadecanoic acid methyl ester, Pentadecanoic acid, 14-methyl ester, Pentadecanoic acid, methyl ester dengan luas area 42,55% dan waktu retensi 24,002 menit; puncak 4 dengan 3 hit yaitu merupakan Methyl 9-cis,11-trans-octadecadienoate, 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester, Methyl 10-trans,12-cis-octadecadienoate dengan luas area 4,52% dan waktu retensi 27,189 menit; dan puncak 5 dengan luas permukaan tertinggi dengan 3 hit yaitu merupakan 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester, trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester, cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester dengan luas area 48,30% dan waktu retensi 27,298 menit. Kemudian untuk puncak terendah terdapat pada puncak 1 yaitu merupakan Dodecanoic acid, methyl ester, Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester, Methyl 8-methyl-nonanoate dengan luas permukaan 0,42% dan waktu retensi 15,398 menit. Menurut Mukminin dkk. (2022) bahwa Prinsip pemisahan *like dissolve like* memiliki acuan bahwa jenis ester dengan rantai yang panjang memiliki waktu retensi (retention time, tR) yang lebih lama. Detektor pada GC akan terlebih dahulu membaca senyawa-senyawa yang memiliki rantai hidrokarbon yang pendek karena sangat mudah terbawa oleh fasa gerak. Setelah itu untuk hasil analisa GC-MS biodiesel sampel A3B2 dapat kita lihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kromatogram Hasil Adsorpsi Biodiesel

Tabel 10. Senyawa Yang Terkandung Hasil Adsorpsi Biodiesel

Peak	Waktu Retensi, tR (menit)	Luas Puncak (%)	Tinggi puncak (%)	Hit 1	Hit 2	Hit 3
1.	13,487	0.33	0,29	Tetraacetyl-d- xylonic nitrile	I-Gala-I-ido-octose	6-Dimethyl (trimethylsilyl) silyloxytetradec ane
2.	14.705	1.37	0,60	Octadecane, 6- methyl	Hexadecane	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl
3.	15.392	0.61	0,58	13,16- Octadecadiynoi c acid, methyl ester	Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	Methyl 8-methyl- nonanoate
4.	16.323	8.51	8,76	Hexadecane	Eicosane	Nonadecane
5.	19.881	0.56	0,64	Methyl 16- hydroxy- hexadecanoate	Cyclopentanetri canoic acid, methyl ester	13,16- Octadecadiynoi c acid, methyl ester
6.	23.993	37.58	40,76	Hexadecanoic acid, methyl ester	Pentadecanoic acid, 14-methyl- methyl ester	Pentadecanoic acid, methyl ester
7.	27.183	4.01	4,42	Methyl 9-cis,11- trans- octadecadienoat e	Methyl 10- trans,12-cis- octadecadienoate	9,12- Octadecadienoi c acid (Z,Z)-, methyl ester
8.	27.292	42.80	40,91	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	trans-13- Octadecenoic acid, methyl ester	cis-13- Octadecenoic acid, methyl ester
9.	27.755	2.11	1,88	Heptadecanoic acid, 16-methyl- methyl ester	Heptadecanoic acid, 9-methyl- methyl ester	Heptadecanoic acid, 10-methyl- , methyl ester
10.	37.104	0.57	0,31	Androstane- 11,17-dione, 3- [(trimethylsilyl)o xy]-, 17-[O- (phenylmethyl)o xime], (3a,5a)-	Androstane-11,17- dione, 3- [(trimethylsilyl)oxy] -, 17-[O- (phenylmethyl)oxi me], (3a,5a)-	Trinexapac- ethyl, TMS derivative
11.	39.026	0.35	0,24	7,7,9,9,11,11- Hexamethyl- 3,6,8,10,12,15- hexaoxa-7,9,11- trisilaheptadeca ne	Trinexapac-ethyl, TMS derivative	Androstane- 11,17-dione, 3- [(trimethylsilyl)o xy]-, 17-[O- (phenylmethyl)o xime], (3a,5a)-
12.	41.869	0.70	0,25	Arsenous acid, tris(trimethylsilyl) ester	7,7,9,9,11,11- Hexamethyl- 3,6,8,10,12,15- hexaoxa-7,9,11- trisilaheptadecane	6,6,8,8,10,10- Hexamethyl- 2,5,7,9,11,14- hexaoxa- 6,8,10- trisilapentadeca ne
13.	42.954	0.50	0,35	Arsenous acid, tris(trimethylsilyl) ester	7,7,9,9,11,11- Hexamethyl- 3,6,8,10,12,15- hexaoxa-7,9,11- trisilaheptadecane	Cyclotrisiloxane, hexamethyl

Setelah dilakukan adsorpsi hasil kromatogram untuk perlakuan A3B2 yang diperoleh menunjukkan adanya 13 puncak dengan waktu retensi (t_R) dan luas area puncak (%). Analisis GC-MS telah mengidentifikasi terdapat 4 puncak yang memiliki nilai luas area yang lebih tinggi dari 13 puncak yang terdeteksi sebagai metil ester.

Kromatogram hasil deteksi GC-MS menunjukkan bahwa 4 puncak tertinggi tersebut masing-masing adalah puncak 4 dengan 3 hit yaitu merupakan Hexadecane, Eicosane, Nonadecane dengan luas area 8,51% dan waktu retensi 16,323 menit; puncak 6 dengan 3 hit yaitu merupakan Hexadecanoic acid, methyl ester, Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester, Pentadecanoic acid, methyl ester dengan luas area 37,58% dan waktu retensi 23,993 menit; Puncak 7 dengan 3 hit yaitu merupakan Methyl 9-cis,11-trans-octadecadienoate, Methyl 10-trans,12-cis-octadecadienoate, 9,12-Octadeca dienoic acid (Z,Z)-, methyl ester, dengan luas area 4,01% dan waktu retensi 27,183 menit; dan puncak 8 dengan luas permukaan tertinggi yaitu merupakan 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester, trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester, cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester dengan luas permukaan 42,80% dan waktu retensi 27,292 menit. Kemudian untuk puncak terendah terdapat pada puncak 1 yaitu merupakan Tetraacetyl-d-xylonic nitrile, l-Gala-l-ido-octose, 6-Dimethyl (trimethyl silyl) silyloxytetradecane dengan luas permukaan 0,33% dan waktu retensi 13,487 menit. Dari hasil GC diatas dapat diketahui bahwa kandungan senyawa terbanyak yang terdapat pada biodiesel hasil adsorpsi tersebut terdapat pada puncak 8 dengan luas permukaan yang paling tinggi, dengan besarnya angka luas permukaan dari senyawa tersebut maka mengindikasikan bahwa senyawa tersebut adalah senyawa yang kandungannya paling banyak terdapat pada biodiesel tersebut.

Dari hasil analisis GC-MS dapat diketahui bahwa adsorpsi menghasilkan perubahan pada biodiesel, terjadi penambahan senyawa kimia setelah dilakukan adsorpsi. Jumlah senyawa kimia yang terdeteksi menggunakan GC-MS pada biodiesel sebelum adsorpsi adalah 7 jenis senyawa kimia. kemudian, setelah dilakukan adsorpsi terjadi penambahan jumlah senyawa menjadi 13 jenis. perubahan yang terjadi pada biodiesel tersebut adalah menurunnya jumlah luas area dan tinggi puncak dari suatu senyawa. Hal ini disebabkan beberapa faktor seperti senyawa tersebut ada yang melekat pada pori-pori arang aktif setelah adsorpsi dan ada juga beberapa senyawa baru yang terbentuk dengan rantai karbonnya menjadi lebih pendek, selain itu ada juga senyawa kimia jenis baru yang terbentuk akibat biodiesel bereaksi dengan arang aktif tersebut.

Selain itu, dapat diketahui pula bahwa dari tabel 9 dan tabel 10 bahwa semakin luas area permukaan dari suatu senyawa maka akan semakin tinggi juga puncak yang terdapat pada senyawa yang terdeteksi. Sebaliknya, apabila luas puncak menurun maka akan turun juga tinggi dari puncak suatu senyawa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data hasil pembahasan yang didapatkan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Perbandingan ukuran arang aktif berbahan pelepah kelapa sawit untuk adsorpsi biodiesel menunjukkan hasil berpengaruh signifikan terhadap analisis bilangan asam, bilangan penyabunan, densitas, viskositas, warna *Chromameter* (L^*a^*b), kadar kotoran dan daya serap iodine arang aktif.
2. Perbandingan lama waktu adsorpsi biodiesel menunjukkan hasil berpengaruh signifikan terhadap analisis bilangan asam, bilangan penyabunan, densitas, viskositas, warna *Chromameter* (L^*a^*b), kadar kotoran dan daya serap iodine arang aktif.

- Hasil dari penelitian ini menunjukkan formulasi yang terbaik dari faktor perbandingan ukuran arang aktif berbahan pelepah sawit dengan lama waktu adsorpsi menunjukkan hasil bahwa pada sampel A3B2 (-40+50 mesh : 60 menit) dengan hasil analisis bilangan asam 6,28 mg KOH/gr, bilangan penyabunan 257,47 mg KOH/gr, densitas 0,90 g/ml, viskositas 27,43 cst, warna *Chromameter* (L^*a^*b) ΔE 4,69, kadar kotoran 3,5 %, daya serap iodin arang aktif 302,937 mg/g dan untuk hasil GC-MS kandungan senyawa yang paling banyak terdapat pada biodiesel hasil adsorpsi terdapat pada puncak 8 dengan luas permukaan tertinggi yaitu merupakan senyawa 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester, trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester, cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester dengan luas permukaan 42,80% dan waktu retensi 27,292 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, E., Lestari, D. D., & Kharismadewi, D. (2021). Analisa Kemampuan dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dari Cangkang Ketapang terhadap Zat Warna Metil Oranye. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 32(2), 166–178. <https://doi.org/10.28959/jdpi.v32i2.7028>
- Bimantio, M. P., Oktavianty, H., & Widyasaputra, R. (2020). The design of A Portable Fixed-Bed Composite Adsorber Column as a Biodiesel Purification Media with Packing Bed System. *TEKNIK*, 41(3), 253–260. <https://doi.org/10.14710/teknik.v41i3.32661>
- Devita, L. (2015). BIODIESEL SEBAGAI BIOENERGI ALTERNATIF DAN PROSPEKTIF. *Agrica Ekstensi*, 9(2), 23–26.
- Efendi, R., Faiz, H. A. N., & Firdaus, E. R. (2018). PEMBUATAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN METODE ESTERIFIKASITRANSESTERIFIKASI BERDASARKAN JUMLAH PEMAKAIAN MINYAK JELANTAH. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 9, 402–409. <https://doi.org/10.35313/irwns.v9i0.1129>
- Hadihah, F., Meliasari, T., & Heryanto, H. (2020). Pemurnian Minyak Jelantah dengan Menggunakan Adsorben Serbuk Biji Kelor Tanpa Karbonisasi dan Bentonit. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(1), Article 1. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i1.92>
- Hakim, R., Wrasati, L. P., & Arnata, I. W. (2021). Karakteristik Minyak Jelantah Hasil dari Proses Pemurnian dengan Ampas Tebu pada berbagai Variasi Suhu dan waktu Pengadukan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(4), 427–438.
- Hasni, H., Yani, S., Aladin, A., & Septiani, M. (2020). KESETIMBANGAN PROSES DESORPSI AMONIA DARI ARANG AKTIF HASIL PIROLISIS LIMBAH BIOMASSA. *AL ULUM JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, 5(2), 48. <https://doi.org/10.31602/ajst.v5i2.2803>
- Imelda, D., Khanza, A., & Wulandari, D. (2019). Pengaruh Ukuran Partikel Dan Suhu Terhadap Penyerapan Logam Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca Formatypica). *Jurnal Teknologi*, 6(2), 107–118. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i2.10>
- Muhdarina, M., Nurhayati, N., Pahlepi, Mhd. R., Pujiana, Z., & Bahri, S. (2020). Penyiapan Arang Aktif Pelepah Kelapa Sawit sebagai Adsorben Asam Lemak Bebas dari CPO (Crude Palm Oil). *al-Kimiya*, 7(1), 7–13. <https://doi.org/10.15575/ak.v7i1.6497>
- Mukminin, A., Megawati, E., Warsa, I. K., Yuniarti, Y., Umoro, W. A., & Islamiati, D. (2022). Analisis Kandungan Biodiesel Hasil Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Berdasarkan Perbedaan Konsentrasi Katalis NaOH Menggunakan GC-MS. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 8(1), 146–158. <https://doi.org/10.35326/pencerah.v8i1.1897>
- Nurdiani, I., Suwardiyono, S., & Kurniasari, L. (2021). PENGARUH UKURAN PARTIKEL DAN WAKTU PERENDAMAN AMPAS TEBU PADA PENINGKATAN KUALITAS MINYAK JELANTAH. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 6(1). <https://doi.org/10.31942/inteka.v6i1.4451>

- Ratno, R., & Mawarani, L. J. (2013). Pengaruh Ampas Tebu Sebagai Adsorbent Pada Proses Pretreatment Minyak Jelantah Terhadap Karakteristik Biodiesel [Journal:eArticle, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Dalam *Jurnal Teknik ITS* (Vol. 2, Nomor 2, hlm. 153266). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i2.4882>
- Robiah, R. (2019). REGENERASI MINYAK GORENG BEKAS SEBAGAI BAHAN BAKU BIODIESEL MENGGUNAKAN AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN. *Jurnal Distilasi*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.32502/jd.v3i1.1882>
- Sholikhah, H. I., Putri, H. R., & Inayati, I. (2021). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Fosfat (H_3PO_4) pada Pembuatan Karbon Aktif dari Sabut Kelapa terhadap Adsorpsi Logam Kromium. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v5i1.53572>
- Sukmawati, P. D. (2017). Pengaruh Serbuk Kulit Batang Kayu Lawang (*Cinnamomum cullilawan*) terhadap Mortalitas KUMBANG BUBUK BERAS (*Sitophilus oryzae* L.). *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(4).
- Syauqiah, I., Kusuma, F. I., & Mardiana, M. (2020). ADSORPTION OF Zn AND Pb METAL IN PRINTING WASTE OF PT. GRAFIKA WANGI KALIMANTAN USING CORN COBS CHARCOAL AS ADSORBENT. *Konversi*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.20527/k.v9i1.9075>
- Tumanggor, A. Z., & Ayu, D. F. (2021). UKURAN PARTIKEL DAN WAKTU KONTAK KARBON AKTIF DARI KULIT SINGKONG TERHADAP MUTU MINYAK JELANTAH. *Sagu*, 19(2), Article 2. <https://doi.org/10.31258/sagu.v19i2.7896>
- Udyani, K., & Wulandari, Y. (2014). AKTIVASI ZEOLIT ALAM UNTUK PENINGKATAN KEMAMPUAN SEBAGAI ADSORBEN PADA PEMURNIAN BIODIESEL. 512–593.
- Wijayanti, H., Nora, H., & Amelia, R. (2012). PEMANFAATAN ARANG AKTIF DARI SERBUK GERGAJI KAYU ULIN UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS MINYAK GORENG BEKAS. *Konversi*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.20527/k.v1i1.106>
- Yamliha, A., Dwiargo, B., & Nugroho, W. A. (2013). PENGARUH UKURAN ZEOLITE TERHADAP PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA (CO_2) PADA ALIRAN BIOGAS. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(2), Article 2.