



Pengaruh gelombang mikro pada pembuatan biodiesel dan kualitas *metil ester* dari minyak goreng kelapa sawit dan minyak goreng kedelai menggunakan katalis naoh terhadap kualitas *metil ester*

Husnah Faradillah^{1✉}, Andi Suryanto¹, Rismawati Rasyid¹

Fakultas Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia, Makassar⁽¹⁾

DOI: 10.31004/jutin.v8i1.41705

✉ Corresponding author:

[husnah.faradillah@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Biodiesel;

Daya;

Minyak Kelapa Sawit;

Minyak Kedelai

Pemanfaatan gelombang mikro di dalam proses produksi biodiesel telah banyak dilakukan karena memiliki banyak keunggulan salah satu diantaranya menunjukkan reaksi yang lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang singkat. Penelitian dilakukan bertujuan untuk : 1) Mengevaluasi pengaruh daya terhadap yield biodiesel minyak kelapa sawit dan minyak kedelai dengan rasio mol 1:12, waktu reaksi 2,5 menit, dan konsentrasi katalis NaOH 0,2%. 2) Mengevaluasi pengaruh daya terhadap karakteristik biodiesel minyak kelapa sawit dan minyak kedelai dengan rasio mol 1:12, waktu reaksi 2,5 menit, dan konsentrasi katalis NaOH 0,2%. 3) Mengevaluasi pengaruh daya terhadap kualitas senyawa metil ester biodiesel minyak kelapa sawit dan minyak kedelai dengan rasio mol 1:12, waktu reaksi 2,5 menit, dan konsentrasi katalis NaOH 0,2%. Hasil pemurnian biodiesel dilanjutkan dengan pengujian fisik dan kimia. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa : (1) Yield biodiesel minyak kelapa sawit diperoleh sebesar 96% dengan daya 400 watt dan yield biodiesel minyak kedelai 92% pada daya 400 watt. (2) Karakteristik menunjukkan sesuai SNI 7812:2015, kecuali kadar air. (3) % Area optimal metil ester diperoleh dari biodiesel minyak kelapa sawit sebesar 55,23% daya 400-watt dan 37,38% daya 264-watt dari biodiesel minyak kedelai.

Keywords:

Biodiesel;

Power;

Palm Oil;

Soybean Oil

Abstract

The use of microwaves in the biodiesel production process has been widely used because it has many advantages, one of which is showing a more efficient reaction, with a short reaction time and separation process. The aim of the research was to: 1) Evaluate the effect of power on the yield of palm oil and

soybean oil biodiesel with a mole ratio of 1:12, reaction time of 2.5 minutes, and NaOH catalyst concentration of 0.2%. 2) Evaluate the effect of power on the characteristics of palm oil and soybean oil biodiesel with a mole ratio of 1:12, reaction time of 2.5 minutes, and NaOH catalyst concentration of 0.2%. 3) Evaluate the effect of power on the quality of palm oil and soybean oil biodiesel methyl ester compounds with a mole ratio of 1:12, reaction time of 2.5 minutes, and NaOH catalyst concentration of 0.2%. The results of biodiesel purification are followed by physical and chemical testing. The results of this research show that: (1) The yield of palm oil biodiesel was 96% with a power of 400 watts and the yield of soybean oil biodiesel was 92% with a power of 400 watts. (2) The characteristics show that they are in accordance with SNI 7812:2015, except for water content. (3) The optimal % area of methyl ester obtained from palm oil biodiesel is 55.23% of 400 watt power and 37.38% of 264 watt power from soybean oil biodiesel.

1. INTRODUCTION

Energi merupakan kebutuhan utama manusia sekaligus permasalahan utama dunia. Meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan energi semakin meningkat, konsumsi energi terus meningkat sehingga menambah beban energi fosil yang persediaannya semakin menipis karena sifatnya yang tidak dapat diperbarui (Wafi & Budianto, 2022). Ketergantungan terhadap energi fosil semakin tinggi untuk memenuhi kebutuhan energi, yang dapat menjadi permasalahan di masa depan. Salah satunya peningkatan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) sangat berdampak pada penurunan cadangan energi fosil. Sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam hayati, Indonesia memiliki banyak sekali sumber minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku sumber energi alternatif. Oleh karena itu, perlu dilakukan diversifikasi energi baru terbarukan dengan mengurangi penggunaan sumber energi fosil dan mengembangkan potensi energi terbarukan (Fitriyanti dkk., 2022). Banyak perhatian mengenai minyak nabati sebagai sumber energi terbarukan salah satunya biodiesel sebagai bahan bakar alternatif. Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kelapa dan minyak kedelai melalui proses transesterifikasi dengan adanya katalis untuk kendaraan bertenaga diesel. Menurut Mahlinda et al., (2019) biodiesel memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan bahan bakar solar berbasis fosil, yaitu proses pelumasan mesin lebih baik, dapat diperbaharui, ramah lingkungan karena mudah terurai, tidak beracun, dapat mengurangi gas emisi hidrokarbon dan karbon monooksida. Selain itu biodiesel memiliki bilangan setana dan titik nyala lebih tinggi sehingga tidak menyebabkan mudah terbakar (Suleman et al., 2019).

Beberapa penelitian yang terkait tentang pembuatan biodiesel dari minyak nabati dan biomassa dengan metode transesterifikasi konvensional hingga gelombang mikro (microwave) telah banyak dilakukan diantaranya Sudradjat et al., (2010) yang memanfaatkan minyak nyamplung dengan proses transesterifikasi konvensional menggunakan katalis natrium hidroksida. Penelitian tentang produksi biodiesel dari minyak kelapa yang menghasilkan yield terbesar telah dilakukan oleh Hidayanti et al., (2015) melalui proses transesterifikasi gelombang mikro dimana hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi katalis 0,20%, waktu reaksi 150 detik, daya microwave 400 -watt. Sedangkan Suryanto et al., (2018) melakukan penelitian dengan variabel daya 600-watt dan waktu reaksi selama 5 menit yang menunjukkan proses transesterifikasi menghasilkan yield biodiesel yang paling besar dan pembuatan biodiesel dari minyak kelapa menggunakan katalis heterogen (Suryanto & Wahyuni, 2021). Sintesis biodiesel dari minyak kedelai serta pengaruh rasio mol minyak dan metanol telah dilakukan oleh Oke et al., (2021). Selain itu, pada penelitian pengaruh daya dan waktu reaksi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel dari minyak jelantah berhasil dilakukan oleh (Haryanto et al., 2019). Pemanfaatan gelombang mikro di dalam proses produksi biodiesel telah banyak dilakukan karena memiliki banyak keunggulan salah satu diantaranya menunjukkan reaksi yang lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang singkat. Untuk itu, perlu dilakukan pengaruh microwave terhadap kualitas biodiesel dari minyak kelapa sawit dan minyak kedelai.

2. METHODS

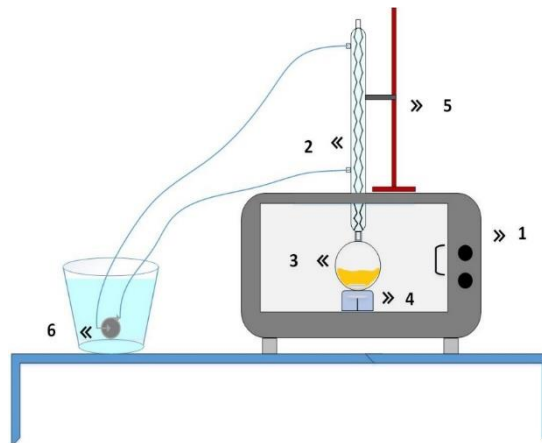
Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimen didalam laboratorium dengan proses rekayasa transesterifikasi dengan memanfaatkan gelombang mikro serta pengujian karakteristik sampel dan analisis metode Gas Chromatography. Adapun tahapan sebelum penelitian yaitu studi

literatur, pengumpulan bahan, persiapan alat, proses reaksi, pemisahan produk, pemurnian serta pengujian mutu analisis.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa alat utama yaitu seperangkat alat microwave, alat penunjang berupa neraca analitik, corong pemisah, oven, baju laboratorium serta alat uji instrumen berupa gas chromatography. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu minyak goreng kelapa sawit merek bimoli, minyak goreng kedelai merek sania. Minyak goreng nabati diperoleh dari Farmers Market, katalis natrium hidroksida (NaOH) untuk mempercepat reaksi dan metanol teknis.

Berikut merupakan rangkaian alat microwave.



Keterangan:

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1. Microwave | 4. Meja Putar |
| 2. Kondensor reflux | 5. Statif |
| 3. Labu didih | 6. Pompa |

Variabel Penelitian

Variabel Tetap

1. Rasio mol minyak goreng kelapa sawit : metanol, 1:12
2. Rasio mol minyak goreng kedelai : metanol, 1:12
3. waktu reaksi pemanasan microwave selama 2,5 menit

Variabel Berubah

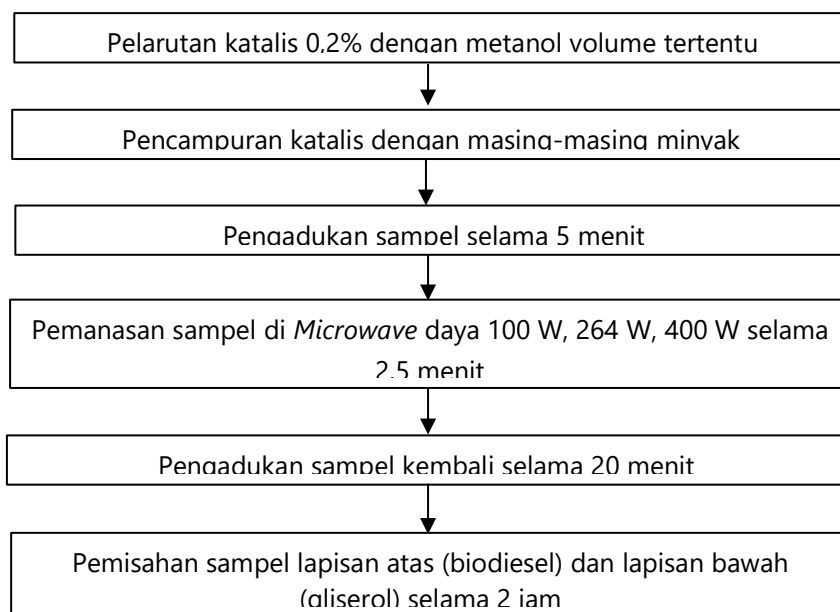
1. Bahan baku minyak nabati, minyak goreng kelapa sawit dan minyak goreng kedelai
2. Variasi daya microwave, 100-watt, 264-watt dan 400-watt

Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Proses pembuatan biodiesel

Menimbang katalis NaOH sebanyak 0,2% kemudian dilarutkan dengan metanol dengan volume tertentu. Campuran katalis tersebut dicampur dengan 50 mL minyak bahan baku hingga homogen menggunakan stirrer hotplate selama 5 menit. Pemanasan dilakukan menggunakan microwave dengan menyambungkan labu didih ke kondensor reflux dan mengatur daya dan waktu sesuai variabel yang terkait. Selanjutnya, setelah dipanaskan, sampel kembali dihomogenkan menggunakan stirrer diatas hotplate selama ± 20 menit, kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan ± 2 jam hingga terbentuk lapisan, lapisan atas (biodiesel) dan lapisan bawah (gliserol).



Gambar 6. Diagram alir proses pembuatan biodiesel metode Microwave

2. Proses pemurnian biodiesel

Proses selanjutnya yaitu pemurnian, biodiesel yang terbentuk dicuci dengan aquades suhu 40oC. Pencucian dilakukan sebanyak 3 kali untuk menghilangkan sisa gliserol. Biodiesel yang terbentuk dipindahkan ke dalam gelas piala dan dimasukkan ke dalam oven suhu 70oC selama 1 jam untuk menghilangkan sisa gliserol. Produk biodiesel yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian lanjut.

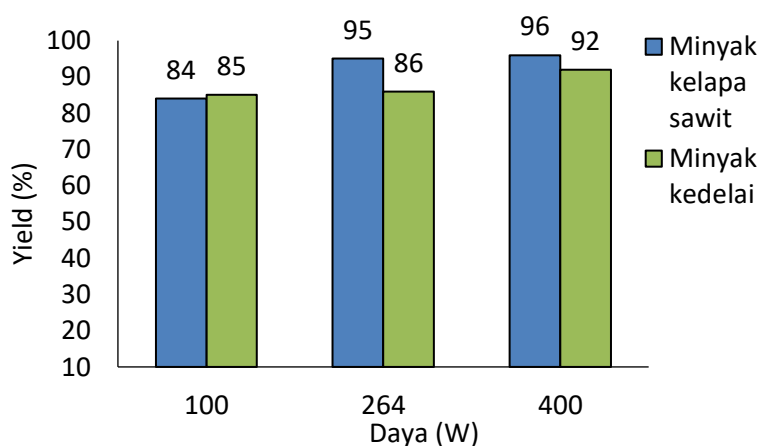
3. Pengujian

Tahap selanjutnya, yaitu pengujian viskositas, densitas, asam lemak bebas (FFA), bilangan asam, kadar air, dan analisa senyawa metil ester menggunakan metode Gas Chromatography (GC).

3. RESULT AND DISCUSSION

Pengaruh Daya Terhadap Yield yang Dihasilkan Produk

Produksi biodiesel menggunakan reaksi transesterifikasi metode pemanasan microwave, yield produk meningkat dipengaruhi oleh bertambahnya daya. Yield produk biodiesel ditunjukkan pada gambar 4.1.



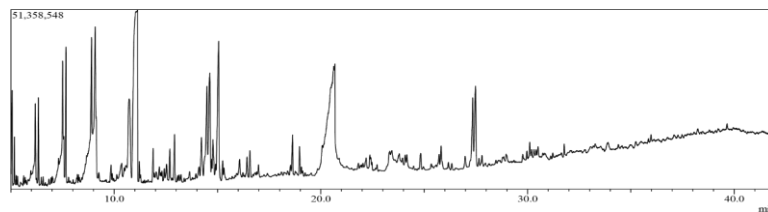
Gambar 7. Pengaruh daya terhadap yield biodiesel minyak kelapa sawit dan minyak kedelai

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar yang digunakan maka semakin besar yield produk yang dihasilkan. Dimana minyak kelapa sawit menghasilkan produk biodiesel 84% hingga 96% pada daya ke 400 watt. Sama halnya dengan minyak kedelai yang menghasilkan persentase yield sebesar 84% daya 100 watt hingga 92% pada penggunaan daya 400 watt. Metanol merupakan pelarut organik dengan polaritas yang tinggi

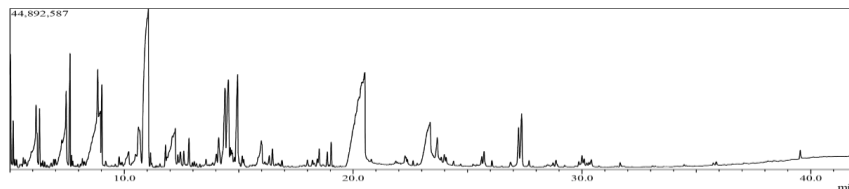
dan memiliki kapasitas penyerapan gelombang mikro yang tinggi sehingga efek gelombang mikro yang dihasilkan dari intraksi gelombang material karena polarisasi dipolar semakin besar polaritas suatu molekul (seperti pelarut) semakin besar efek gelombang mikro ketika kenaikan suhu dipertimbangkan (Gude et al., 2013). Beberapa penelitian sebelumnya telah sesuai dengan yang dilakukan peneliti (Hidayanti et al., 2015) dimana hasil terbaik didapatkan pada daya 400 watt dengan yield biodiesel sebesar 93,22%. Hal serupa juga dihasilkan dari penelitian (Suryanto, Mandasini, et al., 2018) dimana yield terbesar diperoleh dengan daya 600 watt sebesar 94%. Hal tersebut dikarenakan semakin besar daya yang digunakan maka akan semakin banyak trigliserida yang ada dalam minyak bereaksi dengan metanol.

Analisis Metil Ester metode Gas Chromatography (GC-MS)

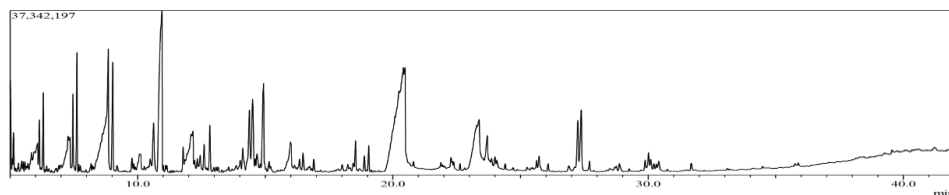
Analisis GC-MS terhadap biodiesel bertujuan untuk mengetahui komponen senyawa yang terkandung pada biodiesel. Biodiesel yang telah dimurnikan dianalisis dengan kromatografi gas (GC), untuk biodiesel pada kondisi optimum dilengkapi dengan analisis kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS). Hasil kromatogram GC-MS biodiesel minyak kelapa sawit ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 12. Kromatogram GC-MS biodiesel minyak kelapa sawit daya 100 watt



Gambar 13. Kromatogram GC-MS biodiesel minyak kelapa sawit daya 264 watt



Gambar 14. Kromatogram GC-MS biodiesel minyak kelapa sawit daya 400 watt

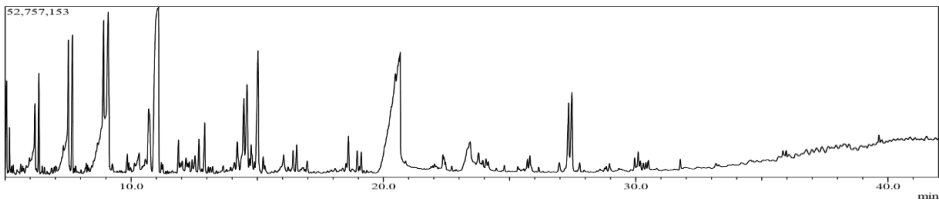
Berdasarkan gambar hasil kromatogram GC-MS biodiesel minyak kelapa sawit pada berbagai variasi daya dapat diinterpretasikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil interpretasi kromatogram GC-MS Biodiesel Minyak Kelapa Sawit

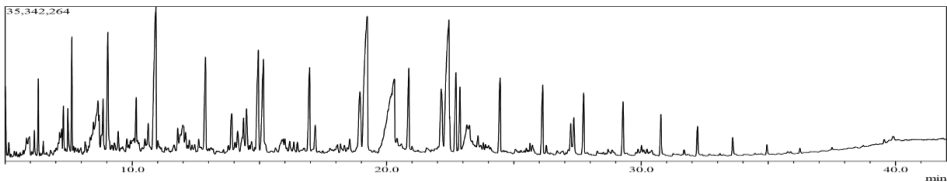
Puncak	Daya 100 W		Puncak	Daya 264 W		Puncak	Daya 400 W	
	% Area	Senyawa asam		% Area	Senyawa asam		% Area	Senyawa asam
22	0,52	nonanoat	2	0,02	kaprilat	11	1,41	kaprilat
32	0,47	kaprat	15	0,07	nonanoat	21	0,70	nonanoat
39	0,46	undesilat	29	0,06	heptanat	24	0,10	kaprat
46	0,98	laurat	33	3,12	kaprat	30	16,71	oleat
79	15,66	palmitat	37	0,91	undesilat	36	1,05	undesilat
82	2,26	oleat	41	3,92	laurat	44	3,48	laurat
83	1,30	stearat	49	2,03	miristat	72	10,30	palmitat
			58	17,83	palmitat	79	19,23	pentadesilat
			59	0,87	stearat	82	2,25	stearat

62 6,77 oleat

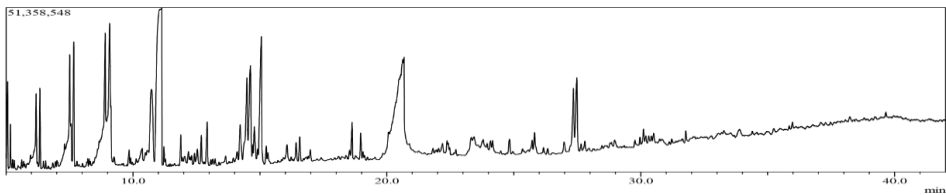
Hasil analisis GC-MS telah mengidentifikasi terdapat kandungan senyawa metil ester dalam sintesis biodiesel minyak kelapa sawit yang ditandai dengan adanya puncak-puncak. Hasil interpretasi kromatogram pada tabel menunjukkan perbedaan jumlah metil ester yang dikandung biodiesel pada masing-masing daya microwave. Metil ester yang diperoleh dari pemanasan 100 watt menghasilkan tujuh puncak metil ester dan terdapat satu puncak yang memiliki % area yang tinggi yaitu metil palmitat. Pada daya 264 watt metil ester yang dihasilkan meningkat dan diperoleh dua puncak, % area 17,83 dan 6,77 yaitu metil palmitat dan metil oleat. Sedangkan tiga puncak terbesar yang diperoleh dari daya 400 watt yaitu metil pentadesilat dengan % area 19,23, metil oleat % area 16,71 dan metil palmitat dengan % area 10,30. Metil palmitat merupakan asam lemak jenuh terpenting mempunyai rumus molekul $C_{17}H_{34}O_2$ dan metil oleat dengan rumus molekul $C_{19}H_{36}O_2$ yang berisi satu ikatan rangkap dan merupakan asam lemak tak jenuh terpenting (Mukminin et al., 2022). Semakin besar daya yang digunakan maka semakin banyak metil ester yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi dikarenakan banyaknya trigliserida yang terkonversi menjadi metil ester (Prastyo et al., 2021). Hal ini berkorelasi dengan nilai yield yang dihasilkan dengan nilai tertinggi terdapat pada daya 400 watt. Namun, hal yang berbeda dihasilkan dari hasil transesterifikasi minyak kedelai. Hasil kromatogram GC-MS ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 15. Kromatpgram GC-MS biodiesel minyak kedelai 100 watt



Gambar 16. Kromatogram GC-MS biodiesel minyak kedelai daya 264 watt



Gambar 17. Kromatogram GC-MS biodiesel minyak kedelai 400 watt

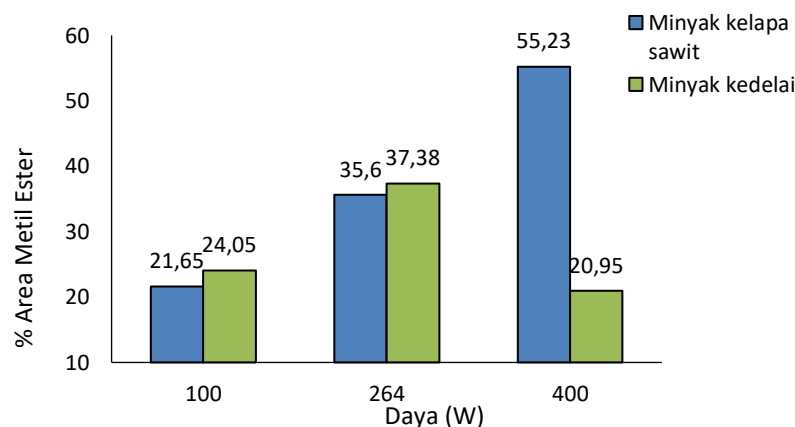
Berdasarkan gambar hasil kromatogram GC-MS biodiesel minyak kelapa sawit pada berbagai variasi daya dapat diinterpretasikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil interpretasi kromatogram GC-MS Biodiesel Minyak Kedelai

Puncak	Daya 100 W		Puncak	Daya 264 W		Puncak	Daya 400 W	
	% Area	Metil ester		% Area	Metil ester		% Area	Metil ester
27	4,61	oleat	4	0,64	kaprilat	22	0,52	nonanoat
35	0,36	laurat	13	0,63	nonanoat	32	0,47	kaprat
63	17,98	palmitat	18	0,13	valerat	39	0,24	undesilat
66	1,10	stearat	26	2,59	laurat	46	0,50	laurat
			67	0,53	miristat	79	15,66	palmitat
			78	7,77	palmitat	82	2,26	oleat
			79	9,75	pentadesilat	83	1,30	stearat
			82	2,33	linoleat			
			83	12,03	oleat			

Puncak	Daya 100 W		Puncak	Daya 264 W		Puncak	Daya 400 W	
	% Area	Metil ester		% Area	Metil ester		% Area	Metil ester
			85	0,77	stearat			
			93	0,21	arkidat			

Berdasarkan tabel hasil interpretasi kromatogram GC-MS biodiesel minyak kedelai, diperoleh hasil analisa kualitatif metil ester pada berbagai daya microwave. Hasil analisa menunjukkan penggunaan daya 100 watt menghasilkan jenis metil ester paling sedikit dan diperoleh puncak dengan % area terbesar yaitu metil palmitat 17,98%. Hasil analisa metil ester meningkat pada daya 264 watt dan diperoleh puncak % area 12,03 metil oleat, metil pentadesilat 9,75% dan metil palmitat 7,7%. Penurunan jumlah metil ester terjadi pada penggunaan daya 400 watt dimana puncak % area yang tinggi hanya didominasi dengan metil palmitat yaitu 15,66%. Hal ini kemungkinan terjadi karena beberapa faktor. Sesuai dengan teori penelitian (Bethan & Supriyo, 2021) yang dijelaskan penggunaan katalis basa dalam pembuatan biodiesel menjadi faktor karena terbentuknya sabun saat proses berlangsung, hal ini yang menyebabkan pembentukan metil ester sedikit. Tidak optimalnya pengadukan saat proses reaksi juga mempengaruhi terbentuknya metil ester, hal ini terjadi ketika proses pemanasan berlangsung motor dari pengaduk tidak berfungsi dengan baik sehingga sampel harus dihomogenkan kembali dengan bantuan magnet hotplate setelah pemanasan. Banyaknya puncak yang ditunjukkan pada gambar 4.8, 4.9 dan 4.10 kemungkinan adalah gliserol yang merupakan produk samping transesterifikasi dan sisa metanol yang tidak ikut bereaksi, hal ini disebabkan oleh kekurangtelitian peneliti dalam memisahkan produk. Berdasarkan tabel hasil interpretasi kromatogram GC-MS maka dapat dibuat grafik pengaruh daya microwave terhadap pembentukan metil ester biodiesel yang disajikan pada gambar berikut.



Gambar 18. Pengaruh daya microwave terhadap % area metil ester biodiesel minyak kelapa sawit dan minyak kedelai

Berdasarkan gambar grafik % area diatas dapat disimpulkan bahwa produksi metil ester biodiesel minyak kelapa sawit meningkat dengan bertambahnya daya microwave yang digunakan. Hasil analisa metil ester terbesar diperoleh dari penggunaan daya 400 watt dengan total % area sebesar 55,23. Sedangkan metil ester yang dihasilkan dari biodiesel minyak kedelai mengalami penurunan dengan nilai total % area sebesar 20,95. Gude et al., (2013) menjelaskan kemungkinan penyebab terjadinya infisiensi konversi metil ester dari proses transesterifikasi, yang merupakan rangkaian dari tiga reaksi berturut-turut dan reversibel dimana menghasilkan satu molekul ester pada setiap langkah. Reaksi stoikiometri membutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol. Jumlah alkohol berlebih digunakan untuk meningkatkan hasil alkil ester dengan menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan ester. Kehadiran alkohol (metanol) dengan bantuan katalis digunakan untuk memecah secara kimia molekul minyak nabati menjadi metil atau etil ester. Metanol memiliki penyerapan gelombang mikro yang tinggi dan polaritas yang tinggi serta sebagai konduksi ionik. Semakin besar daya, maka radiasi gelombang mikro akan melewati bahan yang diekstrak. Molekul tersebut akan menyerap energi elektromagnetik (pemanasan dielektrik). Molekul yang bersifat elektrik dipol memiliki muatan negatif dan positif pada masing-masing sisi. Kehadiran medan listrik yang berubah-ubah dan diinduksikan melalui gelombang mikro mengakibatkan masing-masing sisi akan berputar untuk saling menjajarkan diri. Pergerakan molekul akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antar molekul. Sehingga semakin besar radiasi gelombang mikro yang diberikan maka semakin cepat pula gerakan yang terjadi yang akan menimbulkan peningkatan temperatur. Energi panas yang

dihasilkan tersebut berfungsi sebagai agen pemanasan dalam proses reaksi minyak dan menaikkan energi kinetika reaksi. Menurut Arrhenius, jika temperatur rendah, reaktan akan berada dalam fasa cair yang lebih kental, mengakibatkan reaksi transesterifikasi menjadi sulit. Bila fasa minyak berada dalam fas cair lebih kental luas interface antara fasa minyak dan metanol menjadi lebih kecil dan katalis akan lebih sulit mengkatalisis reaksi yang memungkinkan penyebab pembentukan kualitas metil ester tidak optimal (Yulianto et al., 2018). You have flexibility to name your following headings. You may use typical words or phrases like "methodology", "literature review", "previous studies" or "findings and discussion" as well as the words or phrases of your own as the title of your following headings. You have to use either "conclusion" or "concluding remarks" as the title of your last heading.

4. CONCLUSION

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan judul Pengaruh Gelombang Mikro (Microwave) Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Kelapa Sawit Dan Kedelai Menggunakan Katalis NaOH Terhadap Kualitas Metil Ester dengan berbagai variasi daya microwave yaitu 100-watt, 264 watt, dan 400 watt, maka dapat disimpulkan bahwa: 1). Produksi pembentukan biodiesel dipengaruhi oleh daya gelombang mikro. Semakin besar daya maka yield yang dihasilkan meningkat. Yield biodiesel terbesar diperoleh masing-masing minyak pada daya 400-watt yaitu biodiesel minyak kelapa sawit 96% dan biodiesel minyak kedelai sebesar 92%. 2). Hasil pengujian karakteristik produk biodiesel minyak kelapa sawit maupun minyak kedelai menunjukkan tidak adanya perubahan signifikan yang dipengaruhi oleh daya gelombang mikro. 3). Pembentukan metil ester pada produk biodiesel minyak kelapa sawit dan minyak kedelai bergantung pada daya gelombang mikro serta rasio mol minyak dan metanol yang digunakan. Hasil analisa kualitatif metil ester biodiesel minyak kelapa sawit menggunakan GC diperoleh % area 55,23%, sedangkan metil ester biodiesel minyak kedelai % area 37,38%.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Penulis menyampaikan apresiasi yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dan dukungan dalam penelitian ini. Bantuan dan dorongan mereka sangat berharga untuk mewujudkan penelitian ini. Terima kasih atas waktu, saran, dan bimbingan yang diberikan. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat kepada semua pihak.

6. REFERENCES

- Bethan, M. S., & Supriyo, E. (2021). Transesterifikasi Minyak Kelapa Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Cao Dan Penerapan Biodiesel (B40) Pada Alat Fogging. *Gema Teknologi*, 21(2), 81–85.
- Budiman, A. A., & Samik, S. (2023). Review Artikel: Produksi Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Metode Transesterifikasi Menggunakan Katalis. *Unesa Journal Of Chemistry*, 12(2), 36–38.
- Christina, N., Sungadi, E., Hindarso, H., & Kurniawan, Y. (2021). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Dengan Menggunakan Katalis Berbasis Kalsium. *Widya Teknik*, Issn 1412-, 26–35.
- Devita, L. (2015). Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif. *Agrica Ekstensia*, 23–26.
- Fitriyanti, R. I., Yuniastuti, E., & Nandariyah. (2022). Analysis Of Fat Content Of Six Types Of Rambutan Seeds (Nephelium Lappaceum L.) As Biodiesel Raw Material. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 1018(1).
- Hakim, Rosyid Ridho Al, Setyowisno, Glagah Eskacakra, & Pangestu, A. (2020). Aplikasi Katalis Homogen Pada Sintesis Emulsifier. *Penelitian Didaktik Matematika*, 4(2), 82–91.
- Hartato, C. Y., Marlina, E., & Robbi, N. (2023). Penambahan Persentase Daun Pepaya Sebagai Katalis Heterogen Terhadap Kualitas Biodiesel Minyak Kedelai Dengan Metode Transesterifikasi. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(1), 48–51.
- Helbawanti, O., Nuraini, C., Ulfa, A. N., & Mutolib, A. (2023). Potensi Pasar Minyak Nabati Jagung , Kelapa , Kacang Tanah , Biji Bunga Matahari , Kedelai Dan Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif (Biofuel) The Potency Of Bio-Oil Of Maize , Coconut , Groundnut , Sunflower Seeds ,. *Suluh Pembangunan: Journal Of Extension And Development*, 5(1), 75–84.
- Hidayanti, N., Arifah, N., Jazilah, R., Suryanto, A., & Mahfud, D. (2015). Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Dengan Katalis Basa Melalui Proses Transesterifikasi Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave). *Jurnal*

Teknik Kimia, 10(1).

- Kapuji, A., Hadi, S., & Arifin, Z. (2021). Proses Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Chemtech*, 7(1), 1–6.
- Lestari, L. P., Meriatna, M., & Suryati, S. (2021). Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Kepyar (Castor Oil) Terhadap Metil Ester Dengan Menggunakan Katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(2), 241.
- Mahfud, M., Suryanto, A., Qadariyah, L., Suprpto, S., & Kusuma, H. S. (2018). Production Of Methyl Ester From Coconut Oil Using Microwave: Kinetic Of Transesterification Reaction Using Heterogeneous Cao Catalyst. *Korean Chemical Engineering Research*, 56(2), 275–280.
- Mahlinda, Maurina, L., & Ellysa. (2019). Pengaruh Daya Gelombang Mikro Terhadap Rendemen, Mutu Dan Komponen Biodiesel Dari Biji Kemiri Yang Diproses Secara Transesterifikasi In Situ. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 14(2), 69–77.
- Mahlinda, Maurina, L., & Ellysa. (2020). Secara Transesterifikasi In Situ Effect Of Microwave Power On Yield , Quality And Component Of Biodiesel From Candle Nut Seed Processed Through In Situ Transesterification. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 14(1), 69–77.
- Mardawati, E., Hidayat, M. S., Rahmah, M. D., & Rosalinda, S. (2019). Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Mutu Biodiesel Yang Dihasilkan. *Jurnal Industri Pertanian* –, 01, 46–60.
- Mukminin, A., Megawati, E., Warsa, I. K., Yuniarti, Y., Umaro, 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.
- Oko, S., Kurniawan, A., Willain, D., & Studi Teknik Kimia Politenik Negeri Samarinda Jalan Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan Pobox, P. (2021). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Kedelai Melalui Reaksi Transesterifikasi Dengan Katalis Cao/Naoh. *Jurnal Teknologi*, 13(1).
- Pranowo, D., & Muchalal, M. (2022). Analysis Of Free Fatty Acid On Soybean Oil Using Gas Chromatography – Mass Spectroscopy. *Indonesian Journal Of Chemistry*, 4(1), 62–67.
- Prastyo, E., S, D. F., & Ibrahim, P. A. (2021). Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Yield Dan Kandungan Metil Ester Sintesis Biodiesel Ampas Tahu Metode Elektrokatalitik. *Jurnal Tekno Insentif*, 15(1), 54–64.
- Prayanto, D. S., Salahudin, M., Qadariyah, L., & Mahfud, M. (2016). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Dengan Katalis Naoh Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave) Secara Kontinyu. *Jurnal Teknik Its*, 5(1), 1–6.
- Qaudry, R. J., Arifah, N., & Mahfud, M. (2020). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Dengan Katalis Koh, Ca(OH)₂, Dan Mg(OH)₂ Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave) Secara Batch. *Core.Ac.Uk*, 1–6.