

Research Paper

Efek Gelombang Mikro pada Pembuatan Biodiesel dengan Bahan Baku *Jatropha Curcas Oil*

A. Suryanto

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo km.5, Panaikang, Kota Makassar, 90231 Indonesia

Artikel Histori : Submitted 27 Oktober 2023, **Revised** 11 November 2023, **Accepted** 29 November 2023, **Online** 30 November 2023

 <https://doi.org/10.33096/jcpe.v8i2.780>

ABSTRAK: Meningkatnya jumlah penduduk secara langsung berdampak terhadap kebutuhan masyarakat dan salah satunya adalah konsumsi bahan bakar minyak. Cadangan bahan bakar minyak dari fosil semakin menurun sehingga perlunya pengembangan energi baru terbarukan. Salah satu bahan bakar energi terbarukan adalah biodiesel yang dapat dibuat dari bahan tumbuhan maupun hewani melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya dan waktu reaksi pada pembuatan biodiesel dengan pemanasan gelombang mikro menggunakan bahan baku *jatropha curcas oil*. Evaluasi proses dilakukan dengan daya 100, 264, 400 dan 600 watt, waktu reaksi 2,5; 5; 7,5; 10 dan 12,5 menit menggunakan katalis NaOH 0,5 % pada ratio 1:9 mol pada tekanan atmosferik. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penggunaan gelombang sangat efektif dalam meningkatkan laju reaksi dengan konsentrasi katalis yang rendah. Perolehan yield biodiesel 96,65 % pada daya 400 dan waktu 7,5 menit. Karakteristik produk biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan standar nasional Indonesia.

Kata Kunci: *Jatropha curcas oil*; Transesterifikasi; Biodiesel; Gelombang mikro.

ABSTRACT: The increase in population has a direct impact on people's needs and one of them is the consumption of fuel oil. Fossil fuel reserves are decreasing, making it necessary to develop new, renewable energy. One of the renewable energy fuels is biodiesel which can be made from plant or animal materials through esterification and transesterification processes. This research aims to determine the effect of power and reaction time on making biodiesel by microwave heating using *jatropha curcas oil* as raw material. Process evaluation was carried out with power 100, 264, 400 and 600 watts, reaction time 2.5; 5; 7.5; 10 and 12.5 minutes using 0.5% NaOH catalyst at a ratio of 1:9 mole at atmospheric pressure. The experimental results show that the use of waves is very effective in increasing the reaction rate with a low catalyst concentration. Obtained biodiesel yield of 89% at 400 power and 7.5 minutes. The characteristics of the biodiesel product produced are in accordance with Indonesian national standards.

Keywords: *Jatropha curcas oil*, Transesterification, Biodiesel; Microwave

1. PENDAHULUAN

Penggunaan minyak bumi masih mendominasi konsumsi energi di Indonesia, khususnya pada sektor transportasi. Pemanfaatan bahan bakar pada sektor transportasi di negara ini dari tahun 2003 hingga 2025 diperkirakan akan meningkat rata-rata sekitar 6% per tahun [1]. Kebijakan subsidi bahan bakar minyak yang diterapkan selama puluhan tahun telah membebani anggaran pemerintah. Kenaikan harga bahan bakar nasional tidak bisa dihindari jika dibandingkan dengan harga internasional, namun hal ini akan sangat berdampak pada masyarakat dengan penghasilan sangat terbatas. Untuk mengatasi kelangkaan energi tersebut, pemerintah meluncurkan peraturan pengembangan energi alternatif yang diatur dalam Instruksi Presiden No. 25 tahun 2006 dan Peraturan Pemerintah No. 5 tahun 2006. Kebijakan tersebut mengatur energi nasional yang mendorong pengembangan energi terbarukan dan substitusi a persentase bahan bakar berbasis fosil dengan biofuel. Salah satu poin penting dari regulasi tersebut adalah pengurangan konsumsi bahan bakar dari 54 persen menjadi 20 persen. Dalam upaya mengatasi defisit bahan bakar khususnya minyak solar dan minyak tanah, pengembangan bahan bakar alternatif sebagai energi alternatif merupakan pilihan yang strategis. Energi alternatif sangat diperlukan seiring dengan meningkatnya penggunaan minyak bumi dari tahun ke tahun [1] Salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dikembangkan menjadi biofuel adalah minyak nabati. Di

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI) Makassar- Sulawesi Selatan
e-mail : jcpe@umi.ac.id

Corresponding Author *
a.suryanto@umi.ac.id



Indonesia, biofuel masih dikembangkan dari beberapa bahan terbarukan untuk menggantikan sebagian bahan bakar fosil dan sebagai negara tropis, biofuel merupakan sumber minyak nabati antara lain minyak sawit, *coconut oil* sementara itu minyak non pangan adalah *jatropha curcas oil* [1][2].

Biodiesel sebagai bahan bakar terbarukan mempunyai keunggulan yaitu ramah lingkungan, biodegradable dan emisi lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil. Biodiesel, sebagai bahan bakar diesel yang terbuat dari bahan terbarukan, terdiri dari alkil ester asam lemak dan dapat dibuat dari minyak nabati, hewani dan minyak jelantah atau minyak daur ulang [4]. Minyak nabati yang dapat dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel diperoleh dari tanaman kelapa sawit, jarak dan buah *callophyllum inophyllum* [5]. Biodiesel dapat dibuat melalui reaksi transesterifikasi asam lemak. Asam lemak yang direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester dan gliserin sebagai produk samping. Meskipun gliserin hanya sebagai produk samping namun harganya cukup tinggi. Transesterifikasi adalah tahap konversi trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester melalui reaksi dengan alkohol dan menghasilkan gliserol. Di antara alkohol sebagai sumber alkil, metanol umumnya digunakan karena murah dan paling reaktif. Biodiesel secara kimia didefinisikan sebagai metil ester yang berasal dari minyak atau lemak alami seperti minyak nabati, hewani atau minyak nabati lainnya [6].

Pembuatan biodiesel telah banyak dikembangkan dengan cara konvensional [2][7]. Perkembangan proses pembuatan biodiesel telah memanfaatkan gelombang mikro untuk mempercepat reaksinya, [1][7]. Penggunaan gelombang mikro merupakan salah satu alternatif pembuatan biodiesel untuk meningkatkan proses konversi. Komersial oven microwave adalah alat pemanas yang menggunakan gelombang mikro sebagai penambah panas. Microwave merupakan gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi 300-300000 MHz [3][8][9][10]. Dengan berkembangnya proses manufaktur, termasuk berkembangnya sumber energi bahan bakar alternatif, salah satunya gelombang mikro dapat mempercepat reaksi [7][11]. Radiasi gelombang diserap oleh molekul polar-air, gula dan lemak serta zat lain yang membuat atom tereksitasi dan menghasilkan panas. Pemanasan berlangsung serentak dan seragam pada atom-atom yang tereksitasi dan menghasilkan panas dalam waktu yang bersamaan. Penggunaan gelombang mikro memberikan banyak keuntungan sebagai berikut: waktu penyalaan yang cepat, pemanasan yang lebih cepat, energi yang efisien dan biaya proses yang lebih rendah, mudah dalam pemantauan, pemanasan yang tepat, selektif dan kualitas produk akhir yang lebih baik [2][7][12][13].

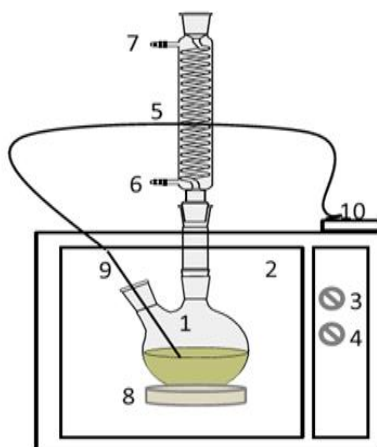
Pemanfaatan minyak jarak pagar sebagai bahan bakar sudah dimulai sejak Perang Dunia Kedua bahkan masyarakat Indonesia sudah menggunakan minyak jarak pagar sebagai bahan bakar lampu obor selama berabad-abad. Minyak jarak pagar merupakan minyak yang diperoleh dari kopra yang mencapai 63-65%. Minyak jarak pagar sebagaimana minyak nabati lainnya merupakan senyawa yang terdiri dari berbagai macam asam lemak trigliserida dan sekitar 60% merupakan senyawa asam lemak jenuh. Minyak jarak pagar kaya akan asam lemak berantai (C_{16} - C_{18}). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh daya microwave dan waktu reaksi pada pembuatan biodiesel serta microwave terhadap penurunan kekentalan bahan baku menjadi produk biodiesel.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan dan Peralatan

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, dimana peneliti akan melakukan percobaan dilaboratorium dengan menggunakan bahan utama *jatropha curcas oil* yang diperoleh dari toko bahan kimia yang ada diwilayah kota makassar. Bahan pendukung lainnya adalah methanol teknis serta NaOH (MERCK). Produksi biodiesel dilakukan dalam reaktor batch dengan pancaran gelombang mikro sebagai sumber pemanas. Proses reaksi dilakukan dengan menvariasikan daya dan waktu gelombang mikro. Kondisi pengoperasiannya adalah perbandingan mol *jatropha curcas oil* dan metanol pada ratio (1:9) dengan konsentrasi katalis (NaOH) (0.5%). Microwave oven komersial yang digunakan pada penelitian ini adalah Electrolux

Microwave EMM2007X dengan frekuensi 2,45 GHz, daya maksimum 800 Watt. Rancangan peralatan yang digunakan pada penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar 1. Reaktor berupa labu leher satu alas datar berbahan kaca pyrex yang dilengkapi pengaduk *magnetic stirrer* dan sensor thermokopel. Minyak jarak pagar yang digunakan dalam percobaan ini diperoleh dari pasar komersil. Rancangan peralatan yang digunakan pada proses reaksi transesterifikasi seperti pada Gambar.1



Gambar 1. Rangkaian peralatan proses transesterifikasi dengan microwave proses batch: 1. Reaktor, 2. Microwave, 3. Setting daya, 4. Setting waktu, 5. Kondensor, 6. Air pendingin masuk 7. Air pendingin keluar, 8. Dudukan labu, 9. Thermokopel, 10. Panel suhu.

2.2. Prosedur Percobaan

Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan cara menambahkan *jatropha curcas oil* ke dalam larutan metanol dan katalis yang telah dicampur sebelumnya. Proses reaksi dijalankan sesuai variabel daya dan waktu, ratio molar minyak dan methanol 1:9 mol pada tekanan 1 atm. Setelah reaksi selesai, hasil reaksi kemudian didinginkan. Campuran hasil transesterifikasi dipisahkan dari katalis dan sisa metanol dengan menggunakan corong pisah. Setelah itu lapisan atas metil ester dipisahkan dengan lapisan bawah gliserol. Selanjutnya metil ester yang terbentuk dipanaskan pada suhu 110 °C selama 1 jam. Produk Biodiesel yang diperoleh kemudian dihitung persen yield biodiesalnya dan melakukan analisa kadar air, densitas, viskositas, asam lemak bebas dan bilangan asam.

2.3 Analisis Data

Metil ester atau biodiesel yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi *jatropha curcas oil* menggunakan katalis homogen dianalisa dengan metode titrasi untuk mendapatkan konsentrasi produk metil ester. Parameter yang dihitung adalah *yield* metil ester *jatropha curcas oil* dalam % adalah :

$$\text{Yield metil ester} = (\text{Berat produk metil ester} / \text{Berat } jatropha \text{ curcas oil}) \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakterisasi *Jatropha Curcas Oil*

Sebelum dilakukan proses reaksi maka minyak jarak (*jatropha curcas oil*) sebagai bahan baku dilakukan analisa. Tujuan analisa ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari minyak jarak yang digunakan karena sifat fisik dan kimia dari minyak sangat berpengaruh terhadap proses reaksi. Adapun hasil analisa dari bahan baku yang digunakan seperti pada tabel 1.

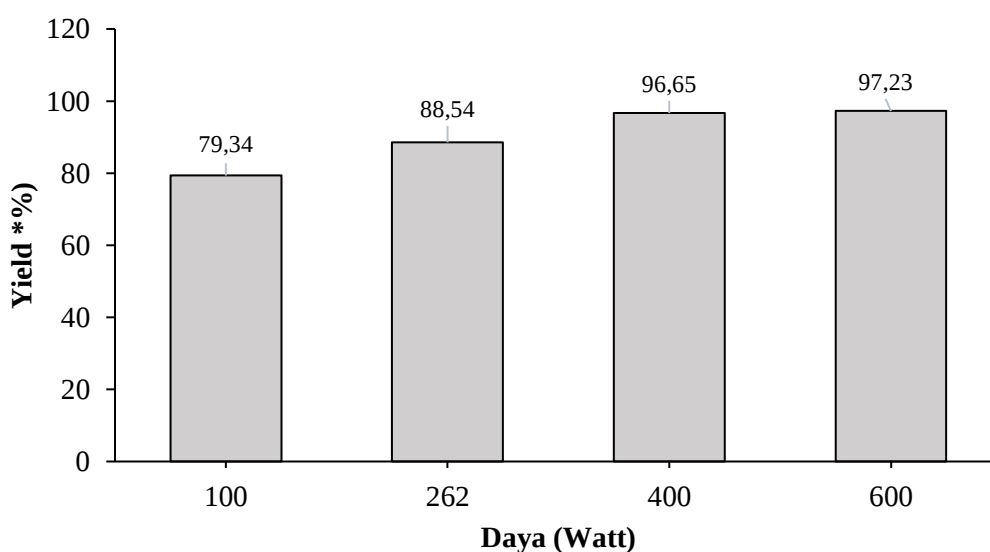
Tabel 1. Analisis *Jatropha Curcas Oil*

Parameter	Sebelum Esterifikasi	Setelah Esterifikasi
Kadar Air (%)	0,991	0,915
Densitas (gr/ml)	0,923	0,913
Viskositas, (mm ² /s)	34,551	33,52
Free Fatty Acid (%)	2,562	0,452
Bilangan Asam (mg.KOH/gr.oil)	3,135	0,876

Dari Tabel 1 terlihat bahwa *jatropha curcas oil* mengandung *free fatty acid* sebesar 2,562 % lebih dari 1 % sehingga proses reaksi dilakukan dengan tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Setelah dilakukan esterifikasi menggunakan katalis asam fosfat maka kandungan asam lemak bebasnya dapat diturunkan hingga dibawah 1 % yaitu sebesar 0,452 %. Sebagaimana juga dilaporkan suryanto, dkk (2015) yang menjelaskan bahwa untuk proses reaksi transesterifikasi dengan katalis alkali (NaOH/KOH), kandungan FFA pada minyak memiliki kisaran dibawah 1% tidak perlu dilakukan esterifikasi [3][14][15].

3.2. Pengaruh Daya Gelombang Mikro Terhadap Yield Biodiesel

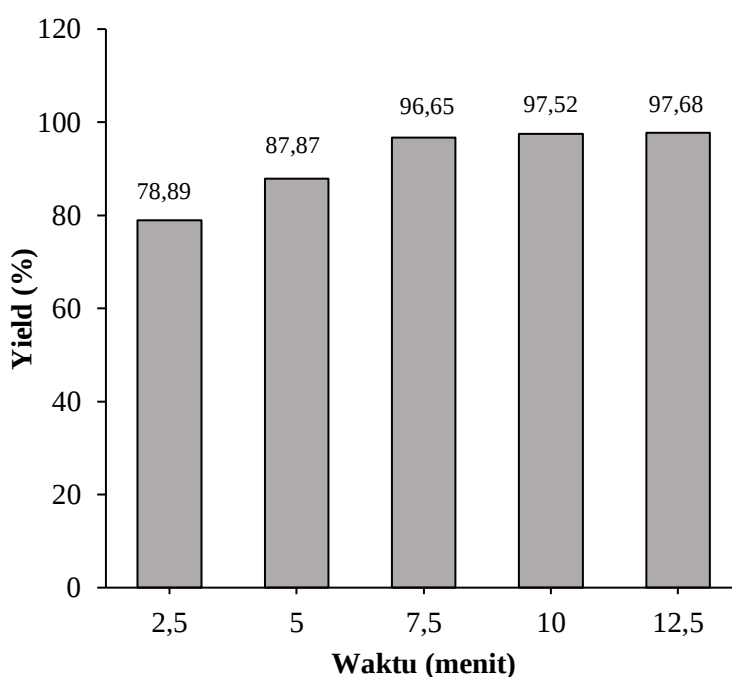
Percobaan dilakukan dengan katalis NaOH 0,5% terhadap berat *jatropha curcas oil*, waktu reaksi 7,5 menit, rasio metanol terhadap molar minyak 1:9, dan berbagai kekuatan daya gelombang mikro yaitu 100, 264, 400 dan 600 Watt untuk menyelidiki pengaruh kekuatan gelombang mikro terhadap hasil ditunjukkan pada Gambar. 2. Hasil produk biodiesel meningkat seiring dengan peningkatan daya microwave. Hasil serupa ditemukan pada karya sebelumnya [12][13][16][17]. Namun daya keluaran gelombang mikro tidak boleh terlalu tinggi, karena dapat menyebabkan kerusakan pada molekul organik seperti trigliserida, [15][18][19]. Energi yang dibutuhkan untuk metode pemanasan gelombang mikro adalah 23 kali lebih rendah dibandingkan dengan yang dibutuhkan untuk metode konvensional [14][15][20]. Hasil ini menunjukkan bahwa kontrol disipasi daya yang tepat akan menghasilkan penggunaan energi gelombang mikro yang efektif dan mengurangi kebutuhan energi

**Gambar 2.** Hubungan Daya Mikrowave terhadap perolehan produk biodiesel

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan gelombang mikro dalam reaksi transesterifikasi minyak jarak dengan katalis NaOH lebih baik dilakukan pada daya rendah 400 W. Diketahui bahwa pembuatan biodiesel berbantuan gelombang mikro dilakukan dalam waktu singkat, yaitu 7.5 menit dibandingkan dengan teknik konvensional yang memerlukan waktu 1 jam seperti sebelumnya. penelitian yang dipublikasikan [10].

3.3. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Perolehan Yield Biodiesel

Pengaruh waktu pada proses transesterifikasi minyak jarak pagar seperti yang ditunjukkan pada Gambar.3 menunjukkan bahwa perolehan produk biodeiesel meningkat seiring dengan waktu transesterifikasi dari 2,5 hingga 12,5 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka reaksinya semakin sempurna. Dan pada waktu mencapai 7.5 menit proses konversi hampir sempurna. Sedangkan jika waktu pengerjaan diperpanjang lebih dari 12. 5 menit maka cenderung tetap sedikit mengalami kenaikan namun sudah tidak signifikan hal ini mungkin disebabkan karena terlalu panas (overheating) [10][21].



Gambar 3. Hubungan Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Perolehan Produk Biodiesel

Pembuatan metil ester secara konvensional dengan menggunakan katalis homogen umumnya dilaporkan perolehan yield terbesar pada konsentrasi 1% dengan waktu reaksi 1 jam [2], melakukan reaksi transesterifikasi menggunakan irradiasi gelombang mikro dengan katalis homogen konversi 96.65 % dicapai pada 7,5 menit waktu reaksi. Penggunaan gelombang mikro pada reaksi transesterifikasi secara signifikan menurunkan waktu reaksi tidak dapat berjalan dengan baik itu ditandai dengan terjadinya busa yang sangat banyak pada proses pencucian sehingga sangat sukar untuk melakukan pemisahan.

3.4. Sifat Biodiesel dari Biodiesel *Jatropha Curcas Oil*

Kualitas biodiesel penting untuk digunakan pada mesin diesel. Dalam penelitian ini, biodiesel dari minyak jarak pagar yang diproduksi pada kondisi optimum dikirim untuk metode standar pengujian kualitas. Produk biodiesel yang diperoleh memenuhi standar parameter yang ditentukan ASTM seperti terlihat pada Tabel 2. Sifat fisika dan kimia biodiesel berada pada kisaran angka standar ASTM.

Tabel 2. Perbandingan Produk Biodiesel dari JCO dan Standar ASTM

Physical properties	Unit	Sample	Standard ASTM
Density	gr/ml 25 °C	0.883	-
Viscosity	mm ² /s	2.83	1.90-6.0
Sulfur content	% m/m	0.027	-
Yield	%	96.65	-
Bilangan Asam	mg.KOH/gr.oil	0.432	< 0.80
Kadar air	%	0.045	<0.05

4. KESIMPULAN

Minyak jarak (*Jatropha curcas oil*) sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Penggunaan gelombang mikro efektif mempersingkat waktu proses reaksi dan menurunkan penggunaan jumlah katalis hingga 0,5 %. Perolehan yield produk biodiesel dengan bahan minyak jarak diperoleh sebesar 96,65 % pada daya 400 watt dengan waktu reaksi 7.5 menit pada ratio miolar minyak methanol 1:9 dengan kondisi operasi atmosferik. Kualitas produk biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar nasional berdasarkan pengujian ASTM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryanto. A, Suprato, Mahfud, The Production of Biofuels from Coconut Oil Using Microwave, Modern Applied Science, vol.5, no. 7, p.93-98, 2015.
- [2] Suryanto.A, S. Suprpto, M. Mahfud,” Production Biodiesel from Coconut Oil Using Microwave : Effect Some Parameters on Transesterification Reaction by NaOH Catalyst. BCREC, vol.10, no .2, p.162-168, 2015.
- [3] Mardawati, E., Hidayat, M. S., Rahmah, M. D., & Rosalinda, S, 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, p.46–60, 2019.
- [4] Mahlinda, Maurina, L., & Ellysa, 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, vol.14, no.1, p.69–77, 2019.
- [5] Mahfud, M., Suryanto, A; Qadariyah, L., Suprpto, S., Kusuma, H. S.” Production of Methyl Ester from Coconut Oil using Microwave: Kinetic of Transesterification Reaction Using Heterogeneous CaO Catalyst”, Korean Chemical Engineering Research, vol.56, no.20, p. 275-280, 2018.
- [6] Suryanto. A., Sabara. Z., Ismail. H., Artiningsih.A., Daming. W., Almukmin, Pembuatan Metyl Ester (Biodiesel) Dari Minyak Biji Kapuk Menggunakan Katalis KOH Konsentrasi Rendah Dengan Bantuan Mikrowave, Jurnal Industri Hasil Perkebunan, Vol.13, No.02, 2018.
- [7] Ritesh Kumar, G. Ravi Kumar, N. Chandrashekar, Microwave Assisted Alkali Catlyzed Transestreification of Pongamia Pinnata Seed Oil for Metil ester Production, Bioresouce Technology 102, p. 6617-6620, 2011.

- [8] Suryanto. A, Kalsum. U., Qadariah.L., Mahfud, Production of Methyl ester from Coconut Oil using Heterogeneous K/Al₂O₃ under Microwave Irradiation, Journal of Chemical Process Engineering, Vol.5, No.02, 2020.
- [9] Wafi, M., & Budianto, A, Review Jurnal : Produksi Biofuel Dari Palm Oil Dengan Berbagai Metode Proses. *Insologi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, vol.1, no.4, p.368–375, 2022.
- [10] Perreux L. Loupy A, A tentative Rasionalization of Microwave Effects in Organics Synthesis According to The Reaction Medium and Mechanistic Considerations, *Tetrahedron*, 57, p.9199-9223, 2001.
- [11] Poudel, J., Oh, S.C, A Kinetic Analysis of Wood Degradation in Supercritical Alcohol”, *Ind. Eng. Chem. Res*, 51, p.4509-4514, 2012.
- [12] Pranjali D. Muley, Dorin Boldor, Investigation of Microwave Dielectric Properties of Metil ester Components, *Bioresources Technology*, 127, p.165-174, 2013
- [13] Yusoff, M. N. A. M., Zulkifli, N. W. M., Sukiman, N. L., Kalam, M. A., Masjuki, H. H., Syahir, A. Z., Awang, M. S. N., Mujtaba, M. A., Milano, J., & Shamsuddin, A. H, Microwave Irradiation-Assisted Transesterification Of Ternary Oil Mixture Of Waste Cooking Oil-Jatropha Curcas- Palm Oil: Optimization And Characterization. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), p.9569-9582, 2022.
- [14] Trisnaliani, L., Zubaidah, N., & Moulita, R. N, Biodiesel Process Production From Waste Cooking Oil Using Microwaves And High Voltage, 2017.
- [15] Suryanto. A., M. Mandasini., A. Djaharuddin., A. Nabila, Pengaruh Daya dan Waktu Mikrowave Produksi Bahan Bakar Nabati dari Minyak Jelantah, *Journal of Chemical Process Engineering*, Vol.3, No (2), p.12-16, 2019
- [16] Chen, K. S., Lin, Y. C., Hsu, K. H. and Wang, H. K, Improving Biodiesel Yields from Waste Cooking Oil by Using Sodium Methoxide and a Microwave Heating System," *Energy*, Vol.38, No.1, p.151-156, 2012.
- [17] Patil PD, Gude. VG, Mannarswarny A. Deng S, Cooke P, Munsa-Mc Gee S, Rhodes I, Lammers P, Khandan NN, Optimization of Microwave Assited Transesterfication of Dry Algae Biomass using RSM, *Bioresour Technol*, Vol.102, No.2, p.1399-1405, 2011
- [18] Ardiansyah. A., Sabara.Z, Nurjannah.N., Syarifuddin.A., Suryanto.A, Preparation of Catalyst from Egg Shells Using the Impregnation Method for Making Biodiesel from Coconut Oil,” *J Chem Process Eng*, Vol.5, No.1, p.40-44, 2020.
- [19] Fini. A and A. Breccia, “Chemistry by Microwaves”, *Pure Appl. Chem.*, Vol. 71, No. 4, pp. 573–579, 1999
- [20] Azcan, N. and Danisman, A, 2007, Alkali Catalyzed Transesterification of Cottonseed oil by Microwave Irradiation," *Fuel*, Vol. 86, No.17, p.2639-2644, 2007.
- [21] Schuchrdt, U., Secheli, R.M., Transesterification of Vegetable Oil: A Review. *J. Bras. Chem. Soc.* 9, p. 199-210, 1998.