

# Karakterisasi Arang Magnetik Dari Cangkang Kelapa Sawit Dalam Mereduksi Asam Lemak Bebas (ALB) Minyak Jelantah

Efrizal Siregar<sup>1)</sup>, Khairil Anwar<sup>2)</sup>,  
<sup>1</sup>Politeknik Negeri Media Kreatif, Jakarta, Indonesia  
<sup>2</sup>Politeknik Negeri Media Kreatif, Jakarta, Indonesia

E-mail: [efrizalsiregarchems@gmail.com](mailto:efrizalsiregarchems@gmail.com)

**Abstract:** Used cooking oil is the final product of oil used for frying or cooking in the manufacturing, restaurant and household industries which is often not utilized. Most users will throw the used cooking oil waste into inappropriate places such as in the kitchen, sink or so on, the used cooking oil can harden and clog the sewer pipe. This can also result in the formation of a thin layer on the surface of the water which can reduce the concentration of dissolved oxygen needed by living things underwater. To reduce the impact of waste cooking oil that will occur in the water system, this study intends to develop magnetic charcoal from palm oil shells to process used cooking oil waste into a pretreatment for biodiesel production. Biodiesel is a promising alternative fuel as a substitute for fossil fuels that are decreasing. The purpose of this study was to utilize magnetic charcoal from palm oil shells to reduce free fatty acids from waste cooking oil as a pretreatment for biodiesel production. The method used is pyrolysis and coprecipitation with the formation of magnetic charcoal from oil palm shells with the precipitation process with FeCl<sub>3</sub> (iron III chloride) and FeSO<sub>4</sub> (iron II sulfate). then tested the characteristics of the magnetic charcoal that had been produced using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Scanning Electron Microscope (SEM). Next is to test the absorption of free fatty acid reduction from used cooking oil using magnetic charcoal that has been produced by varying the time, concentration and dose of magnetic charcoal to get the maximum adsorption capacity. Then do adsorption 3 times to evaluate the efficiency of reduction of free fatty acids in used cooking oil as a pretreatment for biodiesel production.

**Keywords:** Magnetic Charcoal, Palm shells, Cooking Oil, Pretreatment, Biodiesel

**Abstrak:** Minyak jelantah merupakan produk akhir dari minyak yang digunakan untuk menggoreng atau memasak pada industri manufaktur, restoran dan rumah tangga yang sering tidak dimanfaatkan. Kebanyakan pengguna akan membuang limbah minyak jelantah tersebut ke tempat-tempat yang tidak tepat seperti di dapur, bak cuci atau sebagainya sehingga jelantah tersebut dapat mengeras dan menyumbat pipa saluran pembuangan. Hal ini juga dapat mengakibatkan terbentuknya lapisan tipis di atas permukaan air yang dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh makhluk hidup di bawah air. Untuk mengurangi dampak limbah minyak jelantah yang akan terjadi pada sistem air, penelitian ini bermaksud untuk mengembangkan arang magnetik dari cangkang kelapa sawit untuk mengolah limbah minyak jelantah menjadi pretreatment pembuatan biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang menjanjikan sebagai pengganti bahan bakar fosil minyak bumi yang semakin berkurang. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan arang magnetik dari cangkang kelapa sawit untuk mereduksi asam lemak bebas dari limbah minyak jelantah sebagai pretreatment pembuatan biodiesel. Metode yang digunakan adalah pirolisis dan kopresipitasi dengan pembentukan arang magnetik dari cangkang kelapa sawit dengan proses pengendapan bersama FeCl<sub>3</sub> (besi III klorida) dan FeSO<sub>4</sub> (besi II sulfat). kemudian melakukan pengujian karakteristi arang magnetik yang telah dihasilkan dengan dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dan Scanning Electron Microscope (SEM). Selanjutnya adalah melakukan uji absorpsi reduksi asam lemak bebas dari minyak jelantah menggunakan arang magnetik yang sudah dihasilkan dengan memvariasikan waktu, konsentrasi dan dosis arang magnetik untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi yang maksimal. Selanjutnya melakukan adsorpsi sebanyak 3 kali pengulangan untuk mengevaluasi efisiensi reduksi asam lemak bebas pada minyak jelantah sebagai pretreatment pembuatan biodiesel.

**Kata kunci:** Arang Magnetik, Cangkang Sawit, Minyak Jelantah, Pretreatment, biodiesel

## 1. Pendahuluan

Minyak jelantah adalah minyak yang telah digunakan untuk menggoreng, memasak dan jenis pengolahan lainnya di restoran, industri pengolahan makanan dan rumah tangga. Reaksi kimia mengubah sifat fisika dan

kimia minyak goreng selama proses ini, termasuk oksidasi, polimerisasi, degradasi termal dan hidrolisis. Akibatnya, banyak asam lemak bebas dalam minyak jelantah menghasilkan bau yang tidak sedap dan juga menyebabkan korosi pada elemen logam dan beton. Limbah minyak jelantah ini termasuk salah satu limbah perkotaan karena dapat menimbulkan masalah lingkungan yang serius [1]. Seiring pertumbuhan penduduk, jumlah minyak goreng yang digunakan meningkat. Namun, perkembangan teknologi dan manajemen tertentu tetap tertinggal sehingga menyebabkan banyak tumpahan minyak jelantah ke saluran pembuangan. Pencemaran minyak jelantah akan mempengaruhi sumber daya air tanah, membahayakan sumber daya perairan dan mengancam kesehatan manusia [2]. Penggunaan minyak goreng secara berulang dapat meningkatkan bilangan oksidasi dan asam lemak bebas yang terkandung. Dengan demikian, paparan minyak jelantah secara terus menerus akan memberikan dampak yang berbahaya bagi lingkungan dan juga kesehatan manusia. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemisahan dan pengolahan limbah minyak jelantah sebelum dibuang ke lingkungan.

Sebagian besar artikel telah menyatakan bahwa arang (biochar) magnetik sebagai adsorben yang efisien untuk menghilangkan logam berat dan kontaminan organik dari larutan air bahkan yang tercemar limbah nuklir. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa spesies oksigen reaktif yang dihasilkan oleh persulfat/hidrogen peroksida teraktivasi, menggunakan arang (biochar) magnetik sebagai katalis dapat secara efektif mendegradasi polutan organik dalam larutan berair [3]. Penelitian terbaru menyatakan tanda kosong kelapa sawit berhasil disintesis menjadi arang magnetik yang efektif memisahkan minyak jelantah dari sistem air dicapai dengan kinerja arang magnetik optimum sehingga merupakan pilihan yang lebih baik untuk mengatasi masalah pembuangan minyak jelantah dari larutan air karena dapat digunakan di lingkungan, masyarakat dan rencana pengelolaan limbah [4]. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk menghasilkan arang (biochar) magnetik dari cangkang kelapa sawit untuk mereduksi asam lemak bebas minyak jelantah sebagai pretreatment pembuatan biodiesel untuk mengantisipasi timbulnya masalah lingkungan yang disebabkan oleh minyak jelantah. Penerapan arang cangkang kelapa sawit diteliti dengan variasi parameter yang meliputi dosis adsorben arang magnetik cangkang kelapa sawit, waktu kontak dan konsentrasi minyak jelantah.

### 1.1 ARANG DARI CANGKANG SAWIT

Akhir-akhir ini banyak peneliti yang tertarik untuk mempelajari partikel arang dari limbah kelapa sawit. Karena perhatian yang besar untuk memanfaatkan limbah tersebut. Pada penelitian ini memanfaatkan limbah cangkang kelapa sawit untuk diubah menjadi arang magnetik. Arang (biochar) adalah zat seperti arang yang diproduksi dengan memanaskan bahan organik dengan suhu tinggi dari biomassa seperti limbah pertanian dan kehutanan. Zat ini adalah residu padat yang tersisa setelah pemanasan biomassa dibawah kondisi oksigen yang lebih sedikit. Sedangkan untuk ciri fisik, arang berwarna hitam, berbutir halus, ringan dan sangat porous. Sekitar 70% komposisinya terdiri dari karbon. Produksi membantu penyerapan karbon dengan menyimpan karbon yang ada dalam biomassa tanaman [5]. Diantara unsur-unsur lain lain, persentasi yang tersisa adalah nitrogen, hidrogen, dan oksigen. Berbeda dengan bahan baku asli untuk biomassa, yang terutama mencakup hemiselulosa, selulosa dan lignin, arang termasuk dalam katagori bahan yang disebut karbon hitam atau arang tetapi kecuali karbon hitam dari bahan bakar fosil atau limbah non-biomassa. Arang dari cangkang kelapa sawit adalah bahan murah dan kaya karbon, yang bertindak sebagai adsorben untuk menyerap beragam kontaminan organik seperti senyawa organik yang mudah menguap, pewarna aromatik, minyak, kekeruhan dan serangkaian kontaminan anorganik dari larutan berair. Penelitian biochar baru-baru ini difokuskan terutama pada penyesuaian sifat biochar untuk meningkatkan kinerja penyisihannya untuk polutan organik dan anorganik [6].

### 1.2 ARANG MAGNETIK

Pada penelitian ini teknologi yang dikembangkan adalah memanfaatkan arang magnetik dari cangkang kelapa sawit untuk dapat mereduksi asam lemak bebas (ALB) dari minyak jelantah menjadi pretreatment biodiesel. Teknologi yang terus berkembang selalu menjadi faktor kunci untuk perbaikan lebih lanjut dalam setiap produk atau teknologi saat ini dipasar dunia. Perkembangan arang (biochar) magnetik meningkat setelah kesulitan yang dihadapi dalam penerapan arang di area yang luas. Arang magnetik memiliki fungsi untuk pemisahan biochar bubuk dari larutan yang berair. Umumnya, pemisahan memerlukan filtrasi, sentrifugasi, dan rute lain yang memakan waktu, yang membatasi aplikasi praktis biochar dalam larutan berair. Memasukkan media magnetik seperti Fe, Co, Ni dan Oksidanya kedalam matriks biochar adalah pendekatan yang efisien untuk memungkinkan sorben dipisahkan dengan cepat dari larutan berair melalui teknik pemisahan magnetik [7].



Gambar 1: Pembentukan Arang Magnetik Dari Cangkang Sawit

### 1.3 BIODISEL

Biodisel merupakan salah satu langkah potensial untuk mengatasi permasalahan industri energi yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar solar/diesel. Minyak biodisel merupakan bahan bakar alternatif yang terbuat dari sumber daya alam yang dapat diperbarui. Diantaranya adalah minyak tumbuhan dan hewan. Biodisel ini dapat dijadikan sebagai bahan bakar pengganti solar, sebab komposisi fisika-kimia antara biodisel dan solar tidak jauh berbeda. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan salah satu polutan yaitu sulfur dioksida dan mengakibatkan polusi udara meningkat. Selain menjadi bahan bakar diperbarukan seperti pengolahan minyak jelantah menjadi biodisel, biodisel juga memiliki beberapa keunggulan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (bebas sulfur) sesuai dengan isu-isu global [8]. Bahan baku yang bisa dapat menghasilkan biodisel salah satunya adalah hasil dari penggunaan minyak oleh industri ataupun masyarakat yang kita sebut dengan minyak jelantah. Pemanfaatan minyak jelantah menjadi biodisel secara teknis lebih menguntungkan karena memanfaatkan limbah yang tidak termanfaatkan lagi dan tersedia dalam jumlah yang besar dimana penduduk Indonesia memiliki tingkat konsumsi minyak mencapai lebih dari 2,5 juta ton pertahun.

### 1.4 MINYAK JELANTAH

Minyak jelantah merupakan minyak yang berasal dari sisa minyak penggorengan bahan makanan. Minyak goreng bekas maupun minyak nabati yang baru tersusun atas gliserida yang mempunyai rantai panjang yaitu ester antara gliserol dengan asam karboksilat. Minyak goreng berulang kali atau yang lebih dikenal dengan minyak jelantah adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga yang dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner, akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan sehingga dapat menyebabkan penyakit kanker dalam jangka waktu yang panjang [9]. Minyak jelantah juga dapat diproses menjadi minyak yang bermutu, misalnya pembuatan biodisel dari minyak jelantah. Akan tetapi, minyak jelantah yang akan di proses untuk pembuatan biodisel harus melalui proses pemurnian esterifikasi, transesterifikasi maupun dengan proses pirolisis [10].

### 1.5 PIROLISIS

Pirolisis pertama kali dikenal pada zaman mesir kuno, yang menggunakan cairan pirolitik untuk mendempul kapal. Penelitian dimulai pada degradasi termal selulosa menggunakan proses pirolisis meningkat, yaitu digunakan untuk meningkatkan jumlah biochar dan bio-oil yang dihasilkan. Ketertarikan ini disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan untuk mencari pengganti bahan bakar fosil. Dekade 80-an proses pirolisis sebagai alternatif yang cocok untuk mendapatkan bio-oil [11]. Pirolisis adalah degradasi termal biomassa oleh panas tanpa oksigen, yang menghasilkan produk padatan (arang), cairan (bio-oil) dan produk bahan bakar gas. Berdasarkan gambar dibawah dapat disimpulkan bahwa reaksi pirolisis adalah kompleks dan bervariasi tergantung pada jenis biomassa. Proses pirolisis memecah biomassa menjadi gas yang meliputi CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O cairan termasuk tar. Minyak dan nafta, senyawa beroksigen fenol dan asam dan solid yaitu char [12].



Gambar 2. Roadmap Penelitian

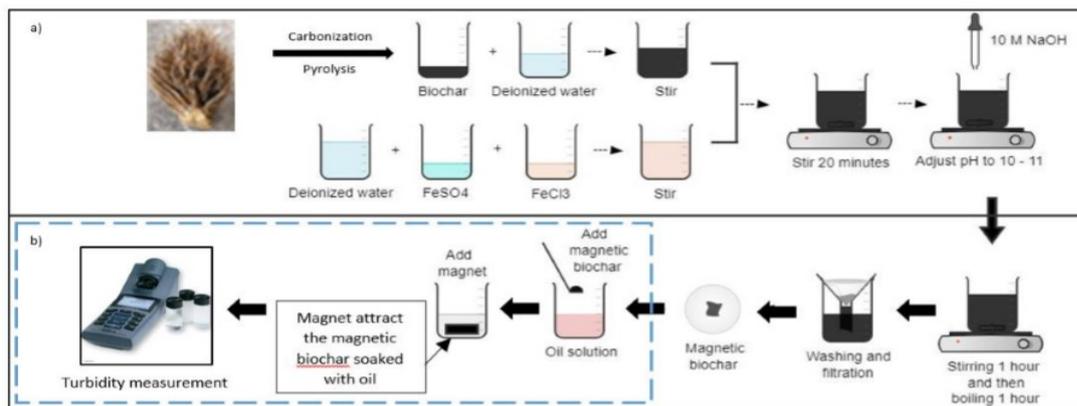
## 2. Metode

Penelitian ini merupakan Analisis Kualitatif dengan menggunakan metode pirolisis dan kopresipitasi dengan pembentukan arang magnetik dengan proses pengendapan bersama Besi (III) Klorida dan Besi (II) Sulfat.

### 2.1 SINTESIS ARANG DAN ARANG MAGNETIK

Pada proses ini cangkang kelapa sawit dikumpulkan kedalam wadah yang sudah disiapkan. Dua kilogram cangkang sawit ditimbang kemudian disimpan pada tempat kedap udara. Cangkang kelapa sawit kemudian dicuci dengan air kran dan air suling untuk menghilangkan partikel kotoran [9]. Selanjutnya cangkang kelapa sawit dikeringkan dibawah sinar matahari selama tiga hari untuk menurunkan kadar air dan selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 120 C untuk mencegah tumbuhnya jamur. Untuk mensintesis arang (biochar) cangkang kelapa sawit yang telah kering digiling menggunakan belender laboratorium dan kemudian dikarbonisasi selama 60 menit pada suhu 400 C. karbon yang terbentuk kemudian dimasukkan kedalam larutan  $ZnCl_2$  dengan perbandingan 2:1. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring dan dimasukkan kedalam krus. Kemudian produk yang dikarbonisasi mengalami proses pirolisis dalam tungku pada suhu 600 C selama 120 menit. Sampel yang diperoleh akan memiliki kadar oksigen yang rendah, kemudian arang yang terbentuk disimpan kedalam desikator. Kemudian arang dicuci dengan HCl (0,1 molar) beberapa kali diikuti dengan air deionisasi sampai pH 6,0-6,5 setelah kering arang disaring dengan kertas saring EFL 300 dan disimpan dalam wadah kedap udara.

Untuk pembuatan arang magnetik 20 gram arang cangkang kelapa sawit ditimbang dan dicampur dengan 200 mL air deionisasi [10]. Sedangkan 11,1 g  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dan 20 g  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  dicampur dengan 600 mL air deionisasi sampai larut sempurna. Kemudian NaOH dicampurkan tetes demi tetes hingga membentuk PH 10-11. pengendapan  $Fe_3O_4$  dihasilkan pada permukaan bawah karbon pada lingkungan basa. Campuran kemudian direbus selama 1 jam untuk memastikan  $Fe^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$  dapat meresap kedalam arang cangkang kelapa sawit. partikel padat dikumpulkan dan dikeringkan pada suhu 70 C selama 12 jam dalam oven udara panas. Arang magnetik yang terbentuk kemudian diuji karakterisasinya dengan FTIR dan SEM.



Gambar 3. Sintesis Arang Magnetik

### 2.2 ADSORBSI MINYAK JELANTAH

Langkah penelitian selanjutnya adalah menguji kemampuan adsorpsi arang magnetik yang telah disintesis dengan minyak jelantah untuk mereduksi asam lemak bebas dalam minyak jelantah tersebut. Untuk mencari kondisi optimum arang magnetik dan kapasitas adsorpsi yang maksimal parameter yang diatur adalah waktu kontak, konsentrasi dan dosis arang magnetik. Percobaan dilakukan pada konsentrasi minyak jelantah yang berbeda dari 0,25 ; 1,00; dan 5,00%. Pada konsentrasi minyak jelantah 0,25% dosis arang magnetik dipertahankan 0,5 gram dengan waktu kontak 10 detik. Sedangkan pada konsentrasi 1,00 dan 5,00% dosis arang aktif dipertahankan 1,0 gram dan 1,5 gram dengan waktu kontak 60 dan 120 detik. Setelah adsorpsi, arang magnetik yang direndam minyak jelantah di pisahkan dari permukaan air, dengan mudah menggunakan magnet. kapasitas adsorpsi dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 sebagai berikut [4]:

$$\text{Percentage Removal (\%)} = \frac{T_i - T_f}{T_i} \times 100\% \quad (\text{Persamaan 1})$$

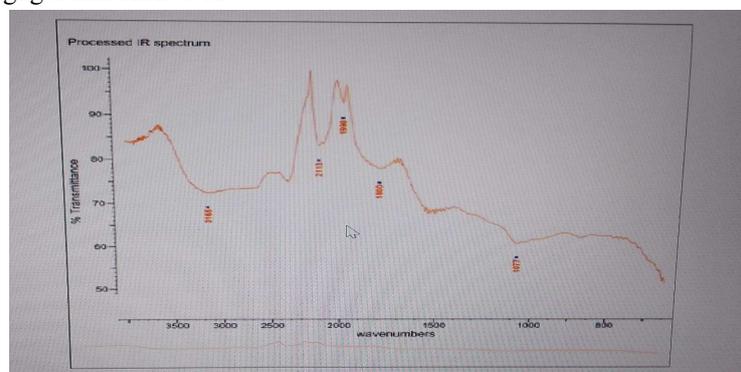
$$q = \frac{T_i - T_f}{m} \times V \quad (\text{Persamaan 2})$$

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Perlakuan adsorpsi yang dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan senyawa kimia besi (III) klorida. Besi (III) Klorida digunakan sebagai media magnetik dengan metode pengendapan bersamaan dengan arang yang ditambahkan untuk meningkatkan kinerja adsorpsi. Pada proses ini proses adsorpsi dilakukan pada suhu 23 sampai 26 derajat celcius.

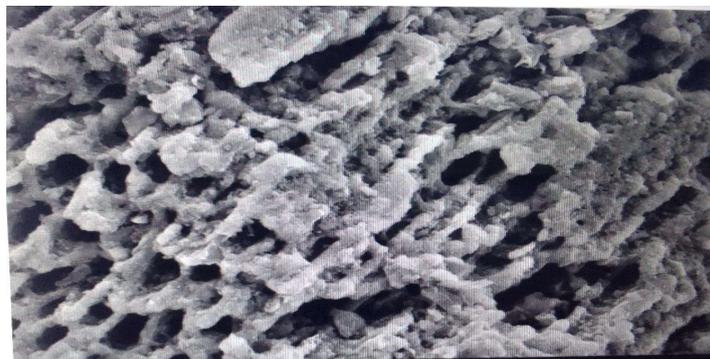
#### 3.1 Karakterisasi Arang Magnetic Cangkang Kosong Kelapa sawit

Dari gambar 4 di bawah, arang magnetic dari cangkang kosong kelapa sawit mencapai puncaknya pada 3160  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya senyawa alkohol dengan regangan lemah gugus O-H. Selain itu, grafik juga menunjukkan pada tinggi gelombang pada 2110  $\text{cm}^{-1}$  yang menandakan adanya golongan senyawa alkuna dengan gugus  $\text{C}\equiv\text{C}$  lemah. Puncak gelombang selanjutnya adalah 1995  $\text{cm}^{-1}$  yang menggambarkan bahwa arang magnetik tandan kosong kelapa sawit memiliki golongan senyawa allene dengan gugus  $\text{C}=\text{C}=\text{C}$  sedang. Puncak 1810  $\text{cm}^{-1}$  mewakili gugus  $\text{C}=\text{O}$  kuat dengan asam halida terkonjugasi kelas majemuk. Puncak lainnya sebesar 1077  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa arang magnetik cangkang kosong kelapa sawit memiliki gugus C-O regangan kuat yang merupakan kelas senyawa alkohol primer. Berdasarkan [10], magnet biochar mengandung puncak pada 2361  $\text{cm}^{-1}$  yang dikelompokkan sebagai  $\text{C}\equiv\text{C}$  bentangan alkuna sedangkan transmittansi dari 1652-1497  $\text{cm}^{-1}$  identik dengan gugus hidroksil O-H.



**Gambar 4.** Analisis FTIR Arang Magnetik Cangkang Kosong Kelapa Sawit

Analisis morfologi permukaan arang magnetik cangkang kosong kelapa sawit berdasarkan Gambar 5, menunjukkan adanya pori-pori besar di permukaan arang magnetik t. Adanya pori-pori besar tersebut menunjukkan adanya kandungan zat resin, hemiselulosa, selulosa, dan lignin dalam jumlah besar dalam cangkang kosong kelapa sawit, yang sebagian difermentasi pada suhu pirolisis yang tinggi, yang mengarah pada pembentukan besar yang stabil pori-pori [11]. Porositas yang berkembang dengan baik dan distribusi pori yang seragam di sepanjang permukaannya ditunjukkan oleh arang magnetik. Pembentukan pada permukaan rongga dan pori-pori fase oksida terdispersi nano berkontribusi pada peningkatan permukaan spesifik dan pembentukan ruang baru. Selain itu, pori-pori yang dihasilkan dengan mencampurkan cangkang kosong kelapa sawit dengan nano- $\text{Fe}_3\text{O}_4$  [11]. Fase pencampuran memiliki efek geser yang tinggi yang mengganggu permukaan suatu material hingga pori-pori yang dihasilkan. Sebuah luas permukaan yang besar dan kapasitas adsorpsi yang tinggi diberikan dengan meningkatkan jumlah pori-pori.



**Gambar 5.** Analisis Morfologi Arang Magnetik Cangkang Kosong Kelapa Sawit.

### 3.2 Kemampuan Adsorpsi

Berdasarkan tabel 1, persentase penghilangan konsentrasi minyak jelantah 0,25% tertinggi adalah 99,04 %, dan 97,50 % masing-masing pada waktu kontak 120 detik, dan 60 detik, dengan dosis 1,5 g arang magnetik. Persentase penyisihan terkecil konsentrasi minyak jelantah 0,25% adalah 88,59 %, dan 84,44 % masing-masing pada 120 detik, dan 60 detik dengan dosis 1,0 g arang magnetik. Persentase penyisihan terkecil konsentrasi minyak jelantah 0,25% adalah 83,59 %, dan 73,95 % masing-masing pada 120 detik, dan 60 detik dengan dosis 0,5 g biochar magnetik. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu kontak dan dosis biochar magnetik akan meningkatkan persentase penghilangan minyak jelantah.

**Tabel 1.** Daya serap Adsorpsi

Sampel	Arang Magnetik	% Serapan Minyak	% Serapan Minyak
Sampel 0,25%	1,5 g	99,04 %	97,50 %
Sampel 0,25%	1,0 g	88,59 %	84,44 %
Sampel 0,25%	0,5 g	83,59 %	73,95 %

(1)

## 4. Kesimpulan

Secara garis besar arang magnetik cangkang kosong kelapa sawit sangat sesuai dan mampu mengadsorpsi limbah minyak goreng pada semua parameter yang divariasikan. arang magnetik cangkang kosong kelapa sawit juga telah terbukti dapat digunakan kembali dan efektif untuk studi daur ulang. Hasil yang paling optimal adalah dosis tinggi arang magnetik cangkang kosong kelapa sawit dapat mengadsorpsi minyak jelantah konsentrasi rendah dan waktu kontak tinggi. arang magnetik dalam dosis tinggi dapat menyerap lebih banyak minyak jelantah karena dosis yang lebih tinggi arang magnetik mengandung lebih banyak area permukaan untuk adsorpsi minyak jelantah tersebut.

Efisiensi penyerapan meningkat dengan meningkatnya dosis arang magnetik. Penampilan dari penyisihan meningkat dengan dosis adsorben yang lebih tinggi karena adanya lebih banyak situs pengikatan untuk adsorpsi minyak jelantah [12]. Konsentrasi tinggi minyak jelantah akan mempengaruhi adsorpsi efisiensi arang magnetik karena arang magnetik tidak dapat menyerap lebih banyak minyak jelantah karena Viskositas dan densitas minyak jelantah meningkat dengan meningkatnya konsentrasi minyak jelantah [13]. Peningkatan waktu kontak akan meningkatkan persentase penghilangan minyak jelantah karena arang magnetik memiliki waktu yang cukup untuk mengadsorpsi minyak jelantah .

## Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Media Kreatif dan Laboratorium Kimia Dsara Universitas Sumatera Utara atas dukungannya pada penelitian ini.

## Rujukan

- [1] Tsai, W.T. (2019) Mandatory recycling of waste cooking oil from residential and commercial sector in Taiwan. Resources, 8. <https://doi.org/10.3390/resources8010038>
- [2] Yu, L., M. and He, F. (2017) A review of treating oily wastewater. Arabian Journal of Chemistry, 10, S1913-22. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.07.020>
- [3] Yi, Y., Huang, Z., Lu, B., Xiang, J., Tsang, E.P., Cheng, W. et al. (2019) Magnetic biochar for environmental remediation: A review. Bioresource Technology, 298. <https://doi.org/10.1016/j.biotech.2019.122468>
- [4] Sharulzaman, Maimunah., Harun, Hasnida. (2021) Performance of Magnetic Palm Oil Empty Fruit Bunch Biochar For Removal of Waste Cooking Oil, Engineering Application and Technology, 2. 065-074. <https://doi.org/10.30880/peat.2021.02.02.008>

- [5] Narzari, R., Bordoloi, N., Chuitia, R.S and Borkotobi, B. (2015) Chapter 2-Biochar: An Overview on its Production, Properties and Potential Benefits. *Biology, Biotechnology.Sustainable Development*, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3966.2560>
- [6] Oliveira, F.R, Patel, A.K., Jaisi, D.P., Adhikari, S., Lu, H. And Khanal, S.K (2017) Enviromental application of biochar: Current status and perspectives. *Bioresource Technology*, Elsevier. 246, 110-22. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.122>
- [7] Hu, X., Xu, J., Wu, M., Xing, J., Bi, W., Wang, K. et al. (2017) Effects of biomass pre-pyrolysis and pyrolysis temperature on magnetic biochar properties. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Elsevier. 127, 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2017.08.006>
- [8] National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 14789, Magnetite. Retrieved January 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Magnetite>.
- [9] Mubarak, N.M., Sahu, J.N., Abdullah, E.C. and Jayakumar, N.S. (2016) Plam oil empty fruit bunch based magnetic biochar composite comparison for synthesis by microwave-assisted and conventional heating. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Elsevier B.V. 120, 521–8. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2016.06.026>
- [10] Wang, S.Y., Tang, Y.K., Li, K., Mo, Y.Y., Li, H.F. and Gu, Z.Q. (2014) Combined performance of biochar sorption and magnetic separation processes for treatment of chromium-contained electroplating wastewater. *Bioresource Technology*, Elsevier Ltd. 174, 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.007>
- [11] Douvartzides, S.L., N.D. Charisiou., K.N. Papageridis. dan M.A. Goula. 2019. Green Diesel: Biomass Feedstocks, Production Technologies, Catalytic Research, Fuel Properties dan Performance in Compression Ignition Internal Combustion Engines. *Energies*. 12(5): 809.