



Review dalam Pembuatan Arang Aktif Berbasis Limbah Pertanian Dengan Microwave

Dwi Annisa Fithry¹, Jusnita², Lisa Legawati³, Dini Aulia Sari Ermal⁴, Hidayat Prayogo⁵
Universitas Muhammadiyah Riau^{1,2,3,4,5}

DOI: 10.31004/jutin.v6i1.15632

✉ Corresponding author:
[dwiannisa@umri.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Arang aktif,
Microwave,
Limbah biomassa

Penanganan limbah biomassa dengan konvensional seperti membakar biomassa dapat menimbulkan masalah lain, dan tidak efektif. Penangan lain yang umum dilakukan adalah memanfaatkan limbah biomassa. Kedua yaitu penanganan konvensional tersebut tidak mengurangi jumlah limbah biomassa secara signifikan. Pemanasan *microwave* menggunakan beberapa parameter daya dan waktu aktivasi untuk mengetahui pengaruh daya dan waktu aktivasi terhadap bilangan iodin serta luas permukaan [25]. Arang aktif yang digunakan sebagai bahan baku karena termasuk arang yang keras dan memiliki kualitas bagus, serta *microwave* digunakan karena lebih hemat energi dan waktu. Perlakuan *microwave* untuk mempelajari pengaruh konsentrasi dan waktu iradiasi *microwave* secara terpisah terhadap bilangan iod, dan kapasitas adsorpsi. Hasil spektra FTIR menunjukkan karbon aktif memiliki gugus - OH. Hasil uji adsorpsi menunjukkan karbon aktif yang telah disiapkan mampu menyerap ion pada konsentrasi optimum. Studi isoterm adsorpsi yang dilakukan dengan persamaan Langmuir. Waktu iradiasi *microwave* juga berpengaruh signifikan terhadap kualitas karbon aktif pada rentang waktu iradiasi *microwave*.

Abstract

Keywords:
Aktivated Charcoal,
Microwave,
biomass waste

Conventional handling of biomass waste, such as burning biomass, can cause other problems, and is not effective. Another common handling method is utilizing biomass waste. Second, conventional handling does not significantly reduce the amount of biomass waste. Microwave heating uses several power parameters and activation time to determine the effect of power and activation time on iodine number and surface area [25]. Activated charcoal is used as a raw material because it is hard charcoal and has good quality, and microwaves are used because it saves energy and time. Microwave treatment to study the effect of concentration and time of microwave irradiation separately on iodine number and adsorption capacity. The results of the FTIR spectra show that activated carbon has an -OH group. The results of the adsorption test showed that the activated carbon that had been prepared was able to absorb ions at the optimum concentration. Adsorption isotherm studies were carried out using the Langmuir equation. Microwave irradiation time also has a significant effect on the quality of activated carbon in the microwave irradiation time range

1. INTRODUCTION

Karbon aktif, atau sering juga disebut sebagai arang aktif, adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Hanya dengan satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m² (didapat dari pengukuran adsorpsi gas nitrogen) [1].

Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja, tetapi beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri. Arang aktif merupakan adsorben yang unik dan serba guna. Beberapa kegunaan arang aktif antara lain untuk menghilangkan bau, warna, rasa dan pengotor organik dan anorganik lain yang tidak diinginkan dari air limbah domestik dan industri, pemurnian udara, pengolahan makanan dan industri kimia.

Menurut SNI 06-3730-1995 arang aktif teknis adalah arang yang telah diaktifkan sehingga mempunyai daya serap yang tinggi terhadap warna, bau, zat-zat beracun dan zat-zat kimia lainnya yang tidak digunakan untuk bahan baku obat. Arang aktif diperoleh melalui pembakaran, pembakaran sebagian, atau dekomposisi termal pada berbagai bahan karbon. Arang aktif tersedia dalam bentuk granul dan *powder*. Saat ini arang aktif juga dipersiapkan dalam bentuk bulat, fiber, dan lembaran untuk beberapa aplikasi khusus. Bentuk granular memiliki luas permukaan internal yang besar dan pori-pori kecil, bentuk *powder* memiliki diameter pori lebih besar dan luas permukaan internal lebih kecil. Lembaran dan serat arang aktif memiliki luas area yang besar dan mengandung jumlah pori besar lebih banyak. Pori-pori pada arang aktif dibagi menjadi tiga kelompok: mikropori dengan diameter kurang dari 2 nm, mesopori dengan diameter antara 2 nm. Bentuk arang aktif dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini :



(a)

(b)

Gambar 1. Bentuk Arang Aktif (a) bentuk powder (b) bentuk granular

Arang aktif merupakan adsorben serbaguna. Sifat adsorptif arang aktif karena luas permukaan yang besar, struktur mikropori dan reaktifitas permukaan yang tinggi. Arang aktif digunakan untuk penjernihan, deklorinasi, penghilang bau, deklorinasi, pemisahan, penyaringan, pembersihan atau modifikasi konsituen berbahaya dalam senyawa gas dan cair. Oleh sebab itu, adsorpsi arang aktif diminati dalam banyak sektor ekonomis dan bidang tertentu.

2. METHODS

Arang aktif digunakan dalam pengontrol polusi udara dari pembuangan industri dan mobil, pemurnian dari banyak bahan kimia, farmasi dan produk makanan serta digunakan dalam berbagai aplikasi fase gas. Dibidang hidrometalurgi dalam recovery emas, perak dan logam lain dan sebagai katalis dan pendukung katalis. Dalam bidang pengobatan, arang aktif dikenal untuk menghilangkan racun dan infeksi bakteri pada penyakit tertentu. Sekitar 80% ($\pm 300,000$ ton/ tahun) dari total arang aktif digunakan untuk aplikasi fase cair dan aplikasi fase gas menggunakan 20% arang aktif dari total produksi.

Arang aktif adalah suatu material berpori dengan kandungan 85 - 95% karbon yang dihasilkan dari material yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi [7]. Arang aktif memiliki struktur amorphous atau mikrokristalin. Struktur mikrokristalin tersusun secara acak dan memiliki struktur yang berpori dengan kerapatan yang relatif rendah. Pori yang ada pada karbon aktif berguna untuk penyerap atau penghilang polutan pada air limbah [8]. Arang aktif adalah bahan yang unik, karena memiliki pori pada strukturnya. Pori tersebut dapat diisi oleh suatu molekul. Meskipun tersusun atas pori yang kosong, Arang aktif memiliki gaya Van Der Waals yang kuat antar atom karbon. Hal tersebut berperan dalam proses adsorpsi [9]. Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk aktivasi karbon yaitu penggunaan teknologi gelombang mikro (*microwave*). *Microwave* merupakan alat yang menggunakan prinsip gelombang elektromagnetik tak terionkan dengan frekuensi antara 300 MHz-300 GHz dan berada diantara sinar-x dan sinar infra merah dalam spektrum elektromagnetik [10]. Dasar penelitian ini dikembangkan dari penelitian sebelumnya yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian sebelumnya terkait penggunaan *microwave*

Judul	Metode/Variabel	Kesimpulan
Pemanfaatan Karbon Aktif Menguji kualitas air sumur batang Sagu yang gali dengan diaktivasi Menggunakan sampel air sumur gali Microwave sebagai Media belum difilter, Filter pada Penurunan kualitas air yang tidak Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kekeruhan Air dan tidak layak konsumsi. Sumur Gali. Jamiatin Jamal, dkk, 2022	Variasi ukuran partikel karbon aktif mengambil batang sagu dalam penjernihan air sumur gali sangat mempengaruhi kadar besi (Fe), Mangan (Mn) dan kekeruhan, dimana semakin kecil ukuran partikel akan mempengaruhi jarak antar partikel karbon aktif, maka kualitas air bersih yang dihasilkan dari filtrasi karbon aktif batang sagu semakin jernih.	
Activation of Carbon Using <i>Microwave</i> -Assisted Hydrochloric Acid for Urea Adsorbtion Regawa Bayu pamungkas, dkk, 2022	Metode adsorpsi dengan karbon aktif	Disimpulkan dua hal pokok. Pertama, konsentrasi aktivator asam HCl berpengaruh secara signifikan terhadap bilangan iod dan kapasitas adsorpsi. Kedua, waktu iradiasi <i>microwave</i> juga berpengaruh secara signifikan terhadap bilangan iod dan kapasitas adsorpsi.
Pembuatan Karbon Aktif <i>Microwave</i> Cangkang kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i>) dengan aktivator Gelombang <i>Microwave</i> Muhammad Taufik, dkk, 2021		Karbon aktif dari cangkang kelapa sawit menggunakan aktivator <i>microwave</i> yang dihasilkan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995). Berdasarkan hasil karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit sebagai adsorben ion

logam timbal Pb^{2+} mampu menyerap dengan kapasitas serapan 13.3868 mg /g menggunakan persamaan Langmuir

Karakterisasi dan potensi Proses pembuatan karbon Katalis karbon aktif tersulfonasi dari katalis karbon aktif dilakukan dengan cara limbah kayu campuran meranti dan tersulfonasi limbah kayu pirolisis serbuk campuran kamper memiliki rendemen, kadar air, pada reaksi pirolisis Sekam kayu meranti dan kayu zat terbang, kadar abu, dan karbon Padi menggunakan kamper sebanyak 1 kg selama terikat masing-masing sebesar 32,98%; *Microwave* 5 jam pada suhu 500°C. 2,07%; 16,3%; dan 2,87% sehingga Lisna Efiyanti, dkk, 2019 Karbon yang didapatkan memenuhi persyaratan SNI.

kemudian disaring menggunakan saringan 60 mesh agar didapatkan ukuran yang seragam (Kode sampel K). Karbon hasil penyaringan tersebut diaktivasi menggunakan H_2SO_4 10 N pada suhu 150°C selama 4 jam, lalu dilakukan proses pencucian dengan akuades hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C sehingga didapatkan karbon aktif.

Pembuatan karbon aktif Aktivasi kimia dan fisika dari arang bakau dengan *microwave* menggunakan gabungan Aktivasi kimia dan fisika dengan *microwave* Kartika Udyani, dkk, 2019

Dapat disimpulkan bahwa bilangan iodin tertinggi arang hasil aktivasi adalah 1196,6mg/g yang didapatkan pada waktu aktivasi menggunakan *microwave* 10 menit dengan daya 560 watt, dengan luas permukaan arang bakau 936,221m²/g. Berdasarkan uji morfologi permukaan menunjukkan bahwa arang bakau hasil aktivasi lebih porous dibanding arang bakau sebelum aktivasi

Pembuatan karbon aktif Digunakan metode dari kulit salak (*salacca microwawe* (Teknowell) Zalacca) dengan proses fisika menggunakan uap dengan pemanas *microwawe* Indah Sari, dkk, 2017

Hasil penelitian menunjukkan burn off terbaik pada daya *microwawe* 1000 W dengan waktu aktivasi 60 menit yaitu 90,25%. Kapasitas adsorpsi karbon aktif terbaik pada daya *microwawe* 800W selama 20 menit yaitu 19,96mg/g. Persentase penyisihan terbaik pada daya 800 W dengan waktu aktivasi 20 menit yaitu 99,82%.

Pembuatan Karbon Aktif Tempurung kelapa Pembentukan pori-pori yang dari Tempurung Kelapa diimpregnasi menggunakan heterogen serta besarnya kandungan (Coconut Shell) dengan zinkum klorida ($ZnCl_2$) karbon dan oksida pada karbon aktif Proses Pengaktifan Kimia dengan rasio bahan baku : sebesar 86,40% dan 2,70%. Recovery $ZnCl_2$ menggunakan zinkum klorida ($ZnCl_2$) 1:0,5 ; $ZnCl_2$ paling tinggi diperoleh sebesar *Microwave* 1:1 ; 1:2 selama 24 jam 94,30 % pada rasio bahan baku : $ZnCl_2$ Ayu, dkk, 2017 dengan temperatur ruangan. adalah 1:2 dengan daya *microwawe* 600 Kemudian dipirolisis watt.

menggunakan *microwave* dengan variasi daya 600 watt, 800 watt dan 1000 watt selama 5, 10, 15, 20 dan 25 menit.

3. RESULT AND DISCUSSION

Microwave

Pemanasan dengan *microwave* memiliki kelebihan dibandingkan dengan pemanas konvensional karena perpindahan panas yang cepat dan efisien, waktu perawatan yang singkat, dan konsumsi energi yang rendah. Gelombang mikro (*microwave*) terletak antara radiasi infra merah dan gelombang radio pada wilayah spektrum elektromagnetik. *Microwave* didefinisikan sebagai gelombang dengan panjang gelombang antara 0,001 dan 1 m dengan frekuensi antara 300 dan 0,3 GHz. *Microwave* secara luas digunakan dalam telekomunikasi. *Microwave* secara teori dapat diubah menjadi panas melalui interaksi dengan bahan dielektrik. Bahan karbon secara umum merupakan absorben *microwave* yang baik, bahan karbon dengan mudah dipanaskan menggunakan radiasi *microwave*. Karakter tersebut membuat bahan karbon dapat bertransformasi disebabkan oleh pemanasan *microwave*, sehingga menghasilkan karbon baru dengan sifat atau karakteristik yang diinginkan [23]. Kemampuan bahan karbon untuk dipanaskan menggunakan *microwave* dikarenakan karbon merupakan dielektrik material karena adanya elektron π terdelokalisasi yang bebas bergerak [14].

Pemanasan dielektrik mengacu pada pemanasan oleh radiasi elektromagnetik frekuensi tinggi, yaitu gelombang frekuensi radio dan *microwave*. Interaksi partikel bermuatan dalam beberapa bahan dengan komponen medan listrik radiasi elektromagnetik menyebabkan bahan-bahan ini memanaskan. Dalam molekul polar, komponen medan listrik dari gelombang mikro menyebabkan dipol permanen dan induksi berputar ketika mereka mencoba untuk menyesuaikan diri dengan medan bolak-balik. Gerakan molekuler ini menghasilkan gesekan antara molekul - molekul yang berputar dan kemudian energi diubah sebagai panas (dipolarisasi). Dalam hal bahan padat dielektrik dengan partikel bermuatan yang bebas bergerak seperti elektron π , arus bergerak dalam fase dengan medan elektromagnetik yang diinduksi. Karena elektron tidak dapat berpasangan dengan perubahan fase medan listrik, energi dihamburkan dalam bentuk panas karena efek *Maxwell-Wagner* (interfacial atau *Maxwell-Wagner* polarisasi) [7]. Perlakuan dari penggunaan *microwave* dapat dilihat pada Gambar 2.



(a) (b) (c)

Gambar 2. (a) Proses Penumbukan, (b) proses penyaringan granul arang setelah dicuci dengan aquades (c) proses aktivasi arang tempurung kelapa dalam oven *microwave*

Studi mengenai preparasi arang aktif menggunakan *microwave* secara umum dapat digolongkan menjadi dua kategori. Kategori pertama menekankan pada aktivasi *microwave* pada arang terimpregnasi, dengan kata lain, bahan baku karbon mengalami karbonisasi menjadi arang melalui pemanasan konvensional (dibawah aliran N_2) dan diikuti impregnasi kimia untuk aktivasi dalam *microwave* pada keadaan bebas oksigen. Kategori kedua menekankan penggunaan aktivasi *microwave* secara langsung pada impregnasi kimia tanpa melalui tahap karbonisasi [14]. Unit *microwave* laboratorium di tunjukkan pada Gambar 3.



Gambar. 3. Alat *Microwave* Laboratorium

Faktor - faktor yang mempengaruhi aktivasi

Proses aktivasi arang dilakukan dengan beberapa cara antara lain aktivasi kimia, aktivasi fisika dan gabungan kimia dan fisika. Beberapa penelitian aktivasi karbon menjadi arang aktif telah dilakukan antara lain penelitian pembuatan Arang aktif yang berasal dari arang bakau dengan aktivasi pemanasan konvensional. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan konsentrasi aktivator H_3PO_4 yang paling baik pada 1M, dengan pemanasan suhu $725^\circ C$ dimana didapat luas permukaan sebesar $354,977 \text{ m}^2/\text{g}$ [1]. Penelitian selanjutnya adalah pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa menggunakan metode aktivasi kimia dengan pengaktifan H_3PO_4 dan dilanjutkan aktivasi fisika menggunakan *microwave*. Hasil karbon aktif terbaik diperoleh pada konsentrasi H_3PO_4 60% dengan daya *microwave* 400 watt selama 20 menit menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin sebesar $767,745 \text{ mg/g}$ [4]. Penelitian lain yaitu pembuatan karbon aktif dari Chesnut cell dengan bantuan *microwave* didapatkan hasil terbaik pada daya 380 W selama 3 menit, memiliki luas permukaan sebesar $1088 \text{ m}^2/\text{g}$ [12]. Pada penelitian ini dilakukan aktivasi arang bakau dengan aktivator kimia H_3PO_4 yang dilanjutkan dengan pemanasan menggunakan *microwave* menggunakan beberapa parameter daya dan waktu aktivasi untuk mengetahui pengaruh daya dan waktu aktivasi terhadap bilangan iodin serta luas permukaan. Arang bakau yang digunakan sebagai bahan baku karena termasuk arang yang keras dan memiliki kualitas bagus, serta *microwave* digunakan karena lebih hemat energi dan waktu.

Berdasarkan uji morfologi permukaan menunjukkan bahwa arang bakau hasil aktivasi lebih porous dibanding arang bakau sebelum aktivasi. Pembuatan arang aktif dari kulit salak menggunakan dua tahap yaitu pirolisis dan aktivasi secara fisika dengan gen pengaktif uap. Kulit salak dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan, dan dihaluskan dengan ukuran 32 mesh. Sebanyak 70 gram sampel dimasukkan ke dalam tangki pirolisis dengan dialiri gas nitrogen (N_2) pada laju alir $100 \text{ cm}^3/\text{min}$ selama 120 menit dengan suhu $500^\circ C$. Sebanyak 20 gram sampel setelah dipirolisis, dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan dialiri uap. Kulit salak diaktivasi dengan variasi daya *microwave* 600, 800 dan 1000 watt dan variasi waktu 20, 40 dan 60 menit.

4. CONCLUSION

Waktu aktivasi mempengaruhi temperatur yang dihasilkan. Semakin lama waktu aktivasi, temperatur pada oven *microwave* semakin meningkat. Dengan meningkatnya temperatur, maka karakteristik pori yang terbentuk pada struktur permukaan arang aktif menjadi banyak. karbon aktif yang telah disiapkan mampu menyerap ion pada konsentrasi optimum. Studi isoterm adsorpsi yang dilakukan dengan persamaan Langmuir. Waktu iradiasi *microwave* juga berpengaruh signifikan terhadap kualitas karbon aktif pada rentang waktu iradiasi *microwave*. *Microwave* dalam pembuatan arang aktif sangat banyak membantu para peneliti karena hasil yang diperoleh sudah sesuai dengan standard SNI dan sangat perlu dukungan para peneliti berikutnya untuk mengkaji sehingga hasilnya bisa lebih maksimal dan tersebar secara merata

5. SUGGESTION

Berdasarkan hasil review yang telah diperoleh terdapat beberapa hal yang dapat diajukan sebagai saran untuk review jurnal selanjutnya yaitu mengkaji material biomassa berbasis limbah hewan dengan *microwave* sebagai bahan perbandingan biomassa limbah pertanian dengan *microwave*

6. REFERENCES

- [1] Aziz, M dan Efendi, S.2016."Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Kayu Bakau". Institut Adhi Tama Surabaya: Surabaya
- [2] Budianto, A., Romiarto, dan Fitrianingtyas. 2016. "Pemanfaatan Limbah Kakao (*Theobroma cacao* L) sebagai Karbon Aktif dengan Aktifator Termal dan Kimia", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV, hal. 208-213.
- [3] Budianto, A., Kusdarini, E., Effendi, S. dan Aziz, M. 2019. "The Production of Activated Carbon from Indonesian Mangrove Charcoal". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 462 (2019) 012006
- [4] Hasibuan dan Syahputri, M. 2017. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa (Coconut Shell) Dengan Proses Pengaktifan Kimia H_3PO_4 Menggunakan *Microwave*". Fakultas MIPA. Universitas Sumatra Utara.
- [5] Kusdarini E, Budianto A, dan Ghafarunnisa D.(2017).Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal H_3PO_4 , Kombinasi $H_3PO_4-NH_4HCO_3$, dan Termal. Jurnal Reaktor. Vol. 17 No. 2, Juni Tahun 2017, Hal. 74-80
- [6] Liu, Q., Zheng, T., Wang, P. dan Guo, L. 2010. Preparation and characterization of activated carbon from bamboo by *microwave*-induced phosphoric acid activation. Industrial Crops and Products 31 (2010) 233–238
- [7] Menéndez, A. Arenillas, B. Fidalgo, Y. Fernandez, L. Zubizarreta, 2010. *Microwave* Heating Processes Involving Carbon Materials. Journal Fuel Processing Technology, Vol. 91 (1), 1-8
- [8] Miswadi, Firdaus, R. dan Jhonnerie, R. 2017, Pemanfaatan Kayu Mangrove oleh Masyarakat Suku Asli Sungai Liang Pulau Bengkalis.Jurnal Dinamika Maritim. Vol. 6 (1).(35-39)
- [9] Putra, Z. 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Kayu Bakau Dengan Aktivasi Fisika Sebagai Filter Penjernih Air Sungai Tamiang Melalui Proses Elektrokoagulasi. Fakultas MIPA.Universitas Sumatera Utara.
- [10] Sulastini, D. 2011. Seri Buku Informasi dan Potensi Mangrove Taman Nasional Alas Purwo.Balai Taman Nasional Alas Purwo: Banyuwangi.
- [11] Susilawati dan Nasution, T. 2014. Karakterisasi Karbon Aktif Kayu Bakau Dengan Aktivasi Termal Sebagai Filter Penjernih Air Sungai Tamiang. Prosiding Semirata 2014 Bidang MIPA BKS-PTN-Barat.Fakultas MIPA. Institut Pertanian Bogor. ISBN:978-602-70491-0-9
- [12] Uludag, O .2016. Preparation Of Activated Carbon From Chestnut Shell By *Microwave* Assistance And Analysis On Its Surface. Proceedings of Academics World 29 International Conference, San Francisco, ISBN: 978-93-85973-73-4
- [13] Yang, D., Jiang, L., Yang, S. dan Wei, W. 2017. Experimental Study on Preparation of Straw Activated Carbon by Microwave Heating.Science Direct Procedia Engineering vol.205. 3538–3544.
- [14] Zaini, A dan Kamaruddin, J. 2013. Critical Issue In *Microwave*-Assisted Activated Carbon Preparation. Journal Of Analytical and Applied Pyrolysis, Vol. 2931; (4)
- [15] Center for History and New Media, "Zotero Quick Start Guide." [Online]. Available: http://zotero.org/support/quick_start_guide. E. J. Marmel, Word 2016. Indianapolis, IN: Visual, an imprint of Wiley, John Wiley & Sons, Inc, 2016
- [16] A. Abbas, Muthanna J. Ahmed. 2014, Optimization of Activated Carbon Preparation from Date Stones by Microwave Assisted K_2CO_3 Activation, Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 15, No. 1, ISSN 1997-4884.
- [17] E. Ebere M, Ejikeme Patrick C.N, Echegi, U.S.C, 2015, Effect of Microwave Activation on The Removal Efficiency of Hamburger Seed Shell, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology, Vol. 2, Issue 11, ISSN 3159-0040.
- [18] G. L, Y. Ladino, J.C M. Pirajanc, M. O. Rodriguez, 2007, Synthesis and Characterization of Activated Carbon Fibers from Kevlar, Eclética Química Vol. 34, No. 4.
- [19] H.Singgih dan Ratnawati, 2010, Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia, Indonesian Journal of Materials Science, Vol. 12, No 1. ISSN : 1411-1098.
- [20] H. Zulfi dan Retno Arianingrum, 2010, Pengembangan Teknologi Pengawetan Kulit Salak Untuk Bahan Produk Seni Kerajinan. Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 15, No. 2.
- [21] H. Deng, Le Yang, Guanghui Tao, dan Jiulei Dai, 2009, Preparation and Characterization of Activated Carbon from Cotton Stalk by Microwave Assisted Chemical Chemical

- [22] Acharya, J., Sahu, J. N., Sahoo, B. K., Mohanty, C. R., & Meikap, B. C. (2009). Removal of chromium(VI) from wastewater by activated carbon developed from Tamarind wood activated with zinc chloride. *Chemical Engineering Journal*, 150(1), 25–39.
- [23] Gultom, E. M., & Lubis, M. T. (2014). Aplikasi karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan aktivator H_3PO_4 untuk penyerapan logam berat Cd dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(1), 5–10.
- [24] Herrero, M. A., Kremsner, J. M., & Kappe, C. O. (2008). Nonthermal *microwave* effects revisited: On the importance of internal temperature
- [25] Q. S. Liu, T. Zheng, N. Li, P. Wang, and G.