

PROSES AKTIVASI ARANG DARI TEMPURUNG KELAPA MENGUNAKAN AKTIVASI FISIKA DENGAN *MICROWAVE* DAN VARIASI WAKTU

Diana Putri Febriyani Fajri dan Anang Takwanto

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

dianaputriff08@gmail.com ; [anang.takwanto@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Karbon aktif ialah suatu arang yang telah melalui proses aktivasi dengan menggunakan uap air, gas CO₂, atau bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka, dan dengan demikian daya absorpsinya menjadi lebih tinggi terhadap zat warna dan bau. Dari berbagai macam banyaknya bahan baku karbon aktif, tempurung kelapa menjadi salah satu bahan terbaik yang dapat dibuat menjadi karbon aktif dikarenakan memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah, reaktivitas yang tinggi, dan kelarutan dalam air yang tinggi. Pada Penelitian ini peneliti menggunakan metode aktivasi fisika yaitu dengan pemanasan *microwave* yang bertujuan menghasilkan karbon aktif yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995 serta mengetahui pengaruh waktu aktivasi terhadap kualitas karbon aktif yang dihasilkan melalui uji kadar air, kadar abu, bilangan iodin, dan volatile matter. Arang tempurung Kelapa berupa serbuk yang sudah dihaluskan diayak terlebih dahulu menggunakan ayakan 40 mesh kemudian diaktivasi secara fisik menggunakan *microwave* selama 5, 10, dan 15 menit. Hasil arang aktif yang sudah diaktivasi fisik kemudian dilakukan analisis melalui uji kadar air, kadar abu, bilangan iodin, *volatile matter*. Kualitas arang aktif yang diinginkan yaitu yang memenuhi syarat SNI 06-3730-1995.

Kata kunci: arang aktif, *microwave*, proses aktivasi

ABSTRACT

Digestive Activated carbon is a charcoal that has gone through an activation process using water vapor, CO₂ gas, or chemicals so that the pores open, and thus the absorption power becomes higher for dyes and odors. Of the various types of activated carbon raw materials, coconut shell is one of the best materials that can be made into activated carbon because they have many micropores, low ash content, high reactivity, and high water solubility. So in this experiment, the researchers used the physical activation method, namely by microwave heating which aims to produce activated carbon in accordance with SNI 06-3730-1995 and to determine the effect of activation time on the quality of activated charcoal produced by testing the water content, ash content, iodine number, and volatile matter. Coconut shell charcoal in the form of powder that has been mashed is sieved first using a 40 mesh sieve and then physically activated using a microwave for 5, 10, and 15 minutes. The results of activated charcoal that has been physically activated are then analyzed by testing the water content, ash content, iodine number, and volatile matter. The desired quality of activated charcoal is that which meets the requirements or conforms to SNI 06-3730-1995.

Keywords: activated charcoal, activation process, *microwave*

1. PENDAHULUAN

Kelapa merupakan tumbuhan yang jumlahnya dapat dikatakan sangat melimpah terutama di Indonesia, namun dengan jumlah yang sangat melimpah tersebut justru

Corresponding author: Anang Takwanto

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: anang.takwanto@polinema.ac.id



tempurung kelapa tidak diimbangi dengan pemanfaatannya, selama ini pemanfaatan tempurung kelapa masih terbatas pada daging buahnya saja yang dibuat menjadi santan, minyak kelapa atau kopra. Limbah hasil pemanfaatan kelapa dalam bentuk tempurung ini dianggap tidak memiliki nilai ekonomi yang begitu besar dan ketersediaannya yang melimpah justru hanya menimbulkan masalah lingkungan. Salah satu upaya untuk mengurangi dampak tersebut yaitu dengan mengolah tempurung kelapa menjadi karbon aktif [1].

Dengan perkembangan industri yang sekarang, karbon aktif menjadi banyak dibutuhkan oleh banyak orang dan dapat berkembang dengan baik. Hal ini diakibatkan karena karbon aktif dapat diaplikasikan di banyak industri dan dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Arang ialah padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dikarenakan arang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan suhu tinggi. Arang juga akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia dengan memiliki luas permukaan yang cukup tinggi kisaran 100 sampai 200 m²/g dengan cara aktivasi menggunakan senyawa- senyawa kimia maka dengan hal tersebut dapat dikatakan karbon aktif. Maka dalam hal ini arang yang sudah diaktivasi disebut sebagai karbon aktif.

Arang disini juga dapat dikatakan karbon aktif apabila sudah melalui proses aktivasi. Proses aktivasi yaitu suatu proses menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang sehingga porositas karbonnya dapat meningkat.

Sampai saat ini, belum ditemukan pengaruh kombinasi metode aktivasi kimia secara mekanokimia yang telah diaktivasi fisika sebelumnya terhadap kualitas karbon aktif. Faktor faktor yang mempengaruhi proses aktivasi meliputi waktu aktivasi, ukuran partikel, suhu aktivasi, rasio aktivator dan jenis aktivator yang dapat mempengaruhi daya serap arang aktif [2].

Pada penelitian sebelumnya pembuatan Arang Aktif dilakukan dengan pembuatan karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa. Penelitian sebelumnya juga memvariasikan suhu untuk melihat suhu optimum dari pembuatan karbon aktif serta uji mutu karbon aktif sesuai Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-79) [3]. Analisis uji yang dilakukan antara lain kadar air, kadar abu, uji luas area permukaan pori, daya serap karbon aktif terhadap larutan iod serta pemanfaatannya pada penjernihan air [4]. Dari hasil penelitian sebelumnya diperoleh suhu pengovenan yang optimal pada kisaran 900-1000°C karena memperoleh kadar penyerapan iod yang baik sekitar 447,25mg I²/gram arang sampai dengan 529,94 mg I²/gram. Sedangkan pada penelitian ini peneliti menggunakan *microwave* dalam aktivasinya dikarenakan aktivasi menggunakan *microwave* ini dapat memperoleh karbon aktif yang lebih baik dengan variasi daya yang digunakan.

Tujuan penelitian ini ialah mengaktivasi karbon aktif dengan *microwave* dan mekanokimia menggunakan ativator H₂SO₄ serta mencari kondisi optimum untuk mendapatkan arang aktif yang sesuai dengan standar SNI No. 06-3730-1995.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang, Jawa Timur. Proses pertama yang dilakukan, yaitu pembersihan dan pengeringan arang tempurung kelapa untuk mengurangi kadar air yang terkandung di dalam arang. Proses kedua yaitu dilakukan aktivasi

arang. Hasil dari aktivasi menggunakan *microwave* dilakukan uji kualitas produk. Teknis pengujian kualitas yang diterapkan menggunakan standar mutu karbon aktif SNI 06-3730-1995 .

2.1. Tahap Persiapan

Penelitian ini diawali dengan melakukan pembersihan pada arang tempurung kelapa dengan menggunakan air dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 Jam. Arang tempurung kelapa kemudian dihancurkan dan diayak hingga ukurannya 1-2 mm menggunakan pengayakan 40 mesh [5].

2.2. Tahap Aktivasi Fisika dengan *Microwave*

Arang yang sudah berukuran 1-2 mm diaktivasi fisika dengan menggunakan *microwave* pada daya 400 watt selama 5, 10, dan 15 menit. Setelah proses aktivasi selesai arang aktif didinginkan dengan menggunakan desikator. Selanjutnya, arang aktif yang telah kering dikarakterisasi berdasarkan standar mutu karbon aktif SNI 06-3730-1995. Karakterisasi tersebut meliputi uji kadar air, uji kadar abu bilangan iodin, dan *Volatile Matter*.

2.3. Variabel Penelitian

Variabel Tetap pada penelitian ini meliputi perbandingan antara aktivator dan arang (1:2), suhu Pengeringan 105 °C, selama 2 jam, ukuran size reduction -30+40 mesh, dan daya *microwave* 400 watt. Sedangkan variabel Berubah pada penelitian ini meliputi waktu aktivasi fisika menggunakan *microwave* 5 menit, 10 menit, dan 15 menit.

2.4. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

◆ Analisis Kadar Air

Pengujian kadar air pada karbon aktif dilakukan sesuai prosedur uji kadar air. Prosedur uji kadar air yang dilakukan adalah yang pertama memasukkan karbon aktif seberat 1 gram kedalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Selanjutnya mendinginkan karbon aktif ke dalam desikator selama 30 menit . Langkah ketiga, yaitu menimbang karbon aktif, di mana berat karbon aktif sampai konstan atau tetap [5]. Perhitungan kadar air dalam karbon aktif menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

a = berat karbon aktif mula-mula (gram)

b = berat karbon aktif setelah dikeringkan (gram)

◆ Analisis Kadar Abu

Uji kadar abu dilakukan pada suhu 800 °C selama 2 jam kemudian didinginkan ke dalam desikator selama 30 menit. Untuk penimbangan karbon aktif di dalam uji kadar abu ini beratnya harus tetap atau konstan dan dilakukan pada saat seluruh karbon telah menjadi abu. Perhitungan kadar abu dalam karbon aktif menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \quad (2)$$

◆ **Analisis Daya serap terhadap Iodium**

Uji iodine atau dapat dikatakan sebagai uji serap karbon aktif terhadap yodium ini memiliki prosedur, yaitu menimbang karbon aktif sebanyak 0,15 gram, menambahkan 15 ml larutan iodium 0,1 N, mengaduk larutan selama 15 menit, memindahkan larutan ke dalam tabung reaksi dan mendinginkan larutan hingga karbon aktif mengendap, mengambil 5 ml larutan tersebut dan melakukan titrasi menggunakan larutan natrium triosulfat 0,1 N, menambahkan larutan amilum 1% sebagai indikator pada saat warna kuning pada larutan yang dititrasi mulai memudar, dan yang terakhir adalah melakukan titrasi kembali larutan hingga berubah warna dari biru tua menjadi bening [6]. Semua prosedur setelah dilakukan, maka akan dilakukan perhitungan dengan persamaan di bawah ini:

$$\text{Daya serap iod} \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{\left(A - \frac{B \times N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{N_{\text{iodin}}} \right) \times 126,93 \times fp}{a} \quad (3)$$

Keterangan:

A = volume larutan iodin (mL)

B = volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang terpakai (mL)

fp = faktor pengenceran

a = bobot karbon aktif (g)

N ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) = konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)

N (iodin) = konsentrasi iodin (N)

◆ **Analisis Volatile Matter**

Uji bagian yang hilang pada pemanasan 950°C atau *volatile matter* terhadap karbon aktif perlakuannya sama dengan uji kadar abu, sebagai pembeda dari kadar abu yaitu pada suhu. Karbon aktif dipanaskan sampai suhu 950°C dalam furnace. Setelah suhu tercapai, karbon dibiarkan dingin dalam furnace dengan tidak berhubungan dengan udara luar. Setelah dingin dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang [6]. Semua prosedur setelah dilakukan, maka akan dilakukan perhitungan dengan persamaan di bawah ini:

$$\text{Volatile} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

a = berat karbon aktif mula-mula (gram)

b = berat karbon aktif setelah dikeringkan (gram)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Tabel 1. Hasil aktivasi fisika karbon aktif dari tempurung kelapa menggunakan *microwave*

No.	Formula	Sebelum Aktivasi		Lama Waktu Aktivasi (Menit)	Daya Microwave (watt)	Sesudah aktivasi	
		Berat Wadah (gram)	Berat Sampel (gram)			Berat wadah + sampel (gram)	Berat sampel (gram)
1.	A	442,93	100	5	400	534,30	91,37

No.	Formula	Sebelum Aktivasi		Lama Waktu Aktivasi (Menit)	Daya Microwave (watt)	Sesudah aktivasi	
		Berat Wadah (gram)	Berat Sampel (gram)			Berat wadah + sampel (gram)	Berat sampel (gram)
2.	B	442,93	100	10	400	533,62	90,7
3.	C	442,90	100	15	400	534,29	91,39

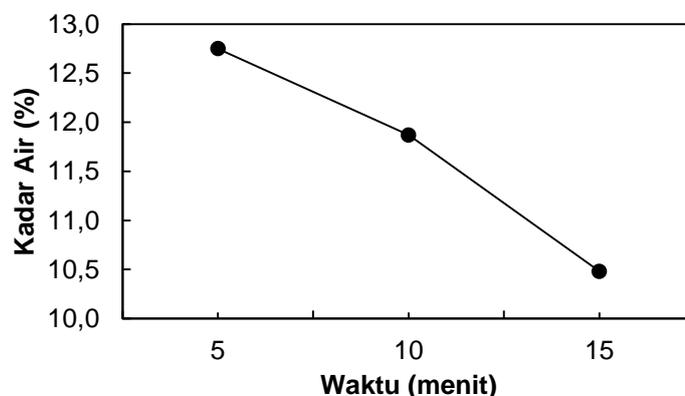
Tabel 2. Karakteristik karbon aktif dari tempurung kelapa menggunakan aktivasi fisika

Karakteristik	SNI (Serbuk)	Hasil uji			Metode
		A	B	C	
Kadar Air, %	Maks. 15	12,75	11,87	10,49	Gravimetri
Kadar Abu, %	Maks. 10	10,05	9,89	8,4	Gravimetri
Bil.lod, mg/g	Min. 750	113,62	117,83	125,10	Gravimetri
Volatile Matter, %	Maks. 25	22,05	21,25	18,95	Gravimetri

3.2. Pembahasan

◆ Analisis Kadar Air

Pada penelitian ini telah dilakukan aktivasi arang melalui metode aktivasi fisika menggunakan *microwave* pada variasi lama waktu yaitu 5, 10, dan 15 menit. Arang hasil dari aktivasi fisika ini kemudian akan dilakukan uji analisis yaitu kadar air. Pada Perhitungan kadar air ini memiliki tujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif, semakin rendah nilai kadar air suatu karbon aktif, maka akan semakin baik pula kualitas karbon aktifnya [7]. Sifat higroskopis arang aktif dapat mempengaruhi kemampuan penyerapan dari arang aktif karena semakin tinggi kadar air yang terikat pada arang aktif maka pori-pori dari arang aktif akan tertutup dan mengakibatkan berkurangnya kemampuan adsorpsi [8]. Hubungan antara waktu aktivasi menggunakan *microwave* dengan kadar Air disajikan dalam Gambar 1.



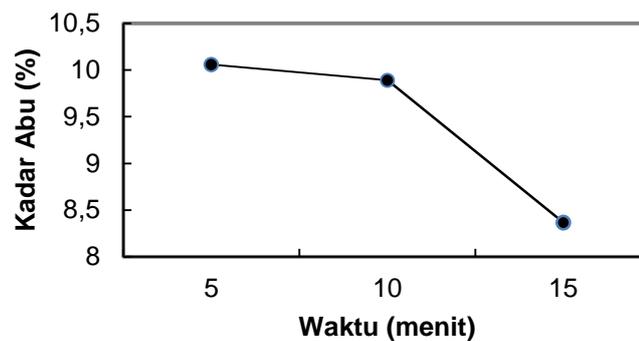
Gambar 1. Kadar air arang aktif setelah aktivasi fisika menggunakan *microwave*

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada waktu 5 menit didapatkan kadar air sebesar 12,75 %, pada waktu 10 menit didapatkan kadar air sebesar 11,87 % , dan pada waktu 15

menit didapat nilai kadar air menurun menjadi 10,48% . Dari data yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa perbedaan waktu yang digunakan pada proses aktivasi *microwave* tidak terlalu berpengaruh besar pada hasil kadar air. Kadar air yang terkandung dalam karbon aktif tempurung kelapa pada waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit telah sesuai persyaratan yang terdapat pada SNI 06-3703-1995 yaitu maksimum 15%. Dikutip dari penelitian sebelumnya yaitu penambahan aktivasi *microwave* dapat memperbaiki kadar air pada karbon aktif tempurung kelapa [9].

◆ Analisis Kadar Abu

Pada penelitian ini telah dilakukan aktivasi arang melalui metode aktivasi fsika menggunakan *microwave* pada variasi lama waktu yaitu 5, 10, dan 15 menit. Arang hasil aktivasi fisika kemudian akan dilakukan uji analisis yaitu kadar Abu. Abu pada karbon aktif ini merupakan sisa dari pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon dan nilai kalor lagi sehingga presentase kadar abu menunjukkan zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran [10]. Hubungan antara waktu aktivasi menggunakan *microwave* dengan kadar abu disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kadar abu arang aktif setelah aktivasi fisika menggunakan *microwave*

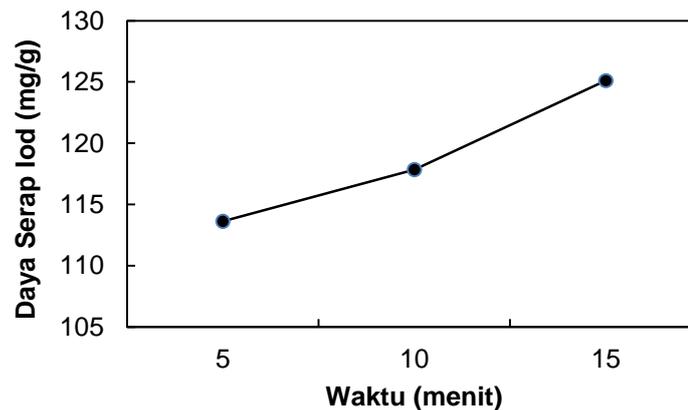
Gambar 2 menunjukkan bahwa kadar abu cenderung menurun seiring dengan meningkatnya waktu aktivasi arang aktif [11]. Pada waktu 5 menit didapatkan kadar abu 10,059 % dan pada waktu 10 menit didapatkan kadar abu 9,890 %. Namun pada waktu 15 menit kadar abu turun menjadi 8,366%. Dalam hal ini kadar abu karbon aktif tempurung kelapa yang diperoleh telah sesuai persyaratan yang terdapat pada Standar Nasional Indonesia SNI 06-3703-1995 yaitu maksimum 10% [9].

◆ Daya Serap Iod.

Pada penelitian ini telah dilakukan aktivasi arang melalui metode aktivasi Fisika menggunakan *microwave* pada variasi lama waktu yaitu 5,10,dan 15 menit. Arang hasil aktivasi fisika kemudian akan dilakukan uji analisis yaitu daya serap iod atau bil. iod. Yang menentukan daya serap karbon aktif yaitu luas permukaan. Hal ini disebabkan karena luas permukaan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben [12]. Hubungan antara waktu aktivasi menggunakan *microwave* dengan daya serap iod atau bilangan iod disajikan dalam Gambar 3 berikut ini.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa pada waktu 5 menit didapatkan bilangan iod sebesar 113,6256 mg/g dan pada waktu 10 menit didapatkan bilangan iod 117,8361 mg/g. Namun pada waktu 15 menit, bilangan iod naik menjadi 125,104 mg/g . Dalam hal

ini daya serap iod karbon aktif tempurung kelapa yang diperoleh telah sesuai persyaratan yang terdapat pada Standar Nasional Indonesia SNI 06-3703-1995 yaitu max. 750 mg/g. Daya serap iod menunjukkan struktur karbon yang terbentuk dan menandakan besarnya diameter pori-pori karbon aktif. Daya serap iod meningkat seiring dengan lamanya waktu radiasi. Hal ini karena pori-pori karbon akan terbuka seiring lamanya aktivasi karbon aktif sehingga meningkatkan daya serapnya [13].

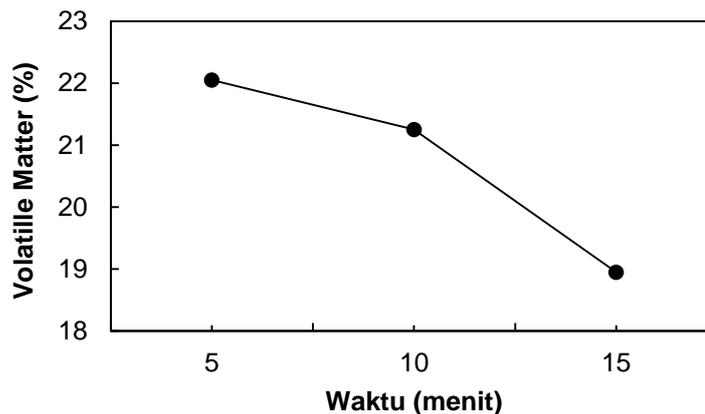


Gambar 3. Daya serap iod arang arang aktif setelah aktivasi fisika menggunakan *microwave*

◆ *Volatile Matter*

Pada penelitian ini telah dilakukan aktivasi arang melalui metode aktivasi fisika menggunakan *microwave* pada variasi lama waktu yaitu 5, 10, dan 15 menit. Arang hasil dari aktivasi fisika ini kemudian akan dilakukan uji analisis yaitu *volatile matter*. *Volatile matter* merupakan hasil dekomposisi zat-zat penyusun karbon aktif akibat proses pemanasan selama proses karbonasi dan bukan komponen penyusun karbon aktif [14]. *Volatile matter* umumnya terdiri dari *methane*, *hydrocarbons*, *hydrogen*, dan *carbon monoxide*, dan gas tidak mudah terbakar seperti *carbon dioxide* dan *nitrogen* [15]. *volatile matter* bisa memudahkan proses pembakaran atau sebaliknya, tergantung pada komposisi zat yang dikandungnya yang tidak bisa terbakar. Hubungan antara waktu aktivasi menggunakan *microwave* dengan *volatile matter* disajikan dalam Gambar 4.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa pada waktu 5 menit didapatkan 22,05 %. Pada waktu 10 menit turun menjadi 21,25 % dan pada waktu 15 turun lagi menjadi 18,95 %. Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C karbon aktif tempurung kelapa yang diperoleh telah sesuai persyaratan yang terdapat pada SNI 06-3703-1995 yaitu maksimum 25 % [16].



Gambar 4. Bagian yang hilang pada pemanasan arang aktif setelah aktivasi fisika menggunakan *microwave*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi aktivator H_2SO_4 berpengaruh terhadap kemampuan karbon aktif yaitu semakin besar konsentrasi aktivator H_2SO_4 maka kualitas pada karbon aktif semakin baik dapat dilihat pada hasil penelitian dan analisis rata-rata hasil terbaik di peroleh dari aktivator H_2SO_4 dengan kensentrasi 15% diperoleh karbon aktif terbaik dengan parameter kadar air 7,83 %, kadar abu 4,68%, daya serap terhadap iod 115,33 mg/g, dan volatile matter 11,05%. Pada penelitian ini peneliti menggunakan ukuran mesh 40 dikarenakan dengan ukuran partikel lebih kecil maka akan memungkinkan memperluas area permukaan arang tempurung kelapa sehingga diharapkan semakin banyak pori-pori yang terbentuk pada proses aktivasi ini.

Dalam pembuatan arang aktif dengan menggunakan metode aktivasi fisika. Untuk penelitian kedepan dapat dilakukan aktivasi dengan variasi daya kisaran 400-500 watt supaya didapat kualitas karbon aktif yang dihasilkan lebih baik lagi.

REFERENSI

- [1] G. E. Ayu, "Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (Coconut Shell) dengan Proses Pengaktifan Kimia $ZnCl_2$ Menggunakan Microwave," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2017.
- [2] I. S. Anggraeni dan L. E. Yuliana, "Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (*Borassus Flabellifer* L.) dengan Menggunakan Aktivator Seng Klorida ($ZnCl_2$) dan Natrium Karbonat (Na_2CO_3)," Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, hal. 1–103, 2015.
- [3] S. Hartanto dan Ratnawati, "Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia," *Jurnal Sains Material Indonesia*, vol. 12, no. 1, hal. 12–16, 2010.
- [4] R. Idrus, B. P. Lapanporo, dan Y. S. Putra, "Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa," *Jurnal Prisma Fisika*, vol. 1, no. 1, hal. 50–55, 2013.
- [5] S. Jamilatun dan M. Setyawan, "Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair," *Spektrum Indonesia*, vol. 12, no. 1, hal. 73,

- 2014.
- [6] R. H. Khuluk, "Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Temprung Kelapa (*Cocus nucifera*, L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru," Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2016.
- [7] D. I. C. Nisa dan A. Takwanto, "Pemanfaatan Bonggol Jagung sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B menggunakan Metode Aktivasi Mechanochemical," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 4, hal. 841–849, 2023.
- [8] E. Sahara, I. K. Y. Resyana, dan A. A. I. A. M. Laksimawti, "Optimasi Waktu Aktivasi dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir dengan Aktivator NaOH," *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, vol. 14, no. 1, hal. 63, 2020.
- [9] A. C. Rum, "Studi Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Aktivator Terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu," *Chemtag Journal of Chemical Engineering*, vol. 4, no. 1, hal. 7, 2023.
- [10] M. S. Syaripuddin, Harjanto, dan S. B. Cahyo, "Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Bonggol Singkong dengan Aktivasi Fisika," dalam *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2019, vol. 2019, hal. 94–99.
- [11] Sirajuddin dan D. Lestari, "Karakteristik Arang Aktif Kayu Gelam Menggunakan Aktivator H₃PO₄, NaOH dan Na₂CO₃," dalam *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6*, 2020, vol. 6, no. 1, hal. 494–501.
- [12] I. Wahyuni dan R. Fathoni, "Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Variasi Waktu Aktivasi," *Jurnal Chemurgy*, vol. 3, no. 1, hal. 11, 2019.
- [13] N. Aulia dan M. Khair, "Preparasi Karbon Aktif dari Sabut Kelapa dengan Aktivator Gelombang Mikro untuk Adsorpsi Rhodamin B," *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, vol. 11, no. 1, hal. 62–66, 2022.
- [14] E. Kusdarini, A. Budianto, dan D. Ghafarunnisa, "Produksi Karbon Aktif Dari Batubara Bituminus Dengan Aktivasi Tunggal H₃PO₄, Kombinasi H₃PO₄-NH₄HCO₃, Dan Termal," *Reaktor*, vol. 17, no. 2, hal. 74–80, 2017.
- [15] Y. Yuliah, S. Suryaningsih, dan K. Ulfi, "Penentuan Kadar Air Hilang dan Volatile Matter pada Bio-briket dari Campuran Arang Sekam Padi dan Batok Kelapa," *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, vol. 1, no. 1, hal. 51–57, 2017.
- [16] D. Y. Purwaningsih, A. Budianto, A. A. Ningrum, dan B. T. Kosagi, "Produksi Karbon Aktif dari Kulit Singkong dengan Aktivasi Kimia Fisika Menggunakan Gelombang Mikro," dalam *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*, hal. 663–670, 2019.