

# REGENERASI KARBON AKTIF MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO DENGAN AKTIVATOR NaCl PADA UNIT PURIFIKASI H-5 PT AJINOMOTO INDONESIA MOJOKERTO FACTORY

Evi Puspita Sari dan Anang Takwanto

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
[evipuspita786@gmail.com](mailto:evipuspita786@gmail.com); [[anang.takwanto@polinema.ac.id](mailto:anang.takwanto@polinema.ac.id)]

## ABSTRAK

Karbon aktif limbah (Waste Active Carbon/WAC) memerlukan proses regenerasi untuk meningkatkan kembali kualitas daya adsorpsinya. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas regenerasi karbon aktif limbah menggunakan metode pemanasan gelombang mikro dengan aktivator kimia NaCl. Proses penelitian meliputi empat tahap utama, yaitu persiapan bahan baku, regenerasi dengan variasi konsentrasi NaCl (5%, 10%, 15%, dan 20%) serta waktu pemanasan (10, 15, dan 20 menit), tahap netralisasi, dan analisis karakteristik karbon aktif berdasarkan standar SNI 06-3730-1995. Hasil regenerasi menunjukkan bahwa kondisi optimal diperoleh pada konsentrasi NaCl 20% dan waktu pemanasan selama 15 menit, dengan kadar air 3%, kadar abu 5,5%, kadar zat menguap (*volatile matter*) 14,5%, serta *fixed carbon* 77%, dan seluruh parameter tersebut memenuhi standar nasional serta memperlihatkan peningkatan kualitas daya adsorpsi karbon aktif. Metode ini berpotensi menjadi alternatif yang efisien serta ramah lingkungan untuk proses pemurnian karbon aktif di industri.

**Kata kunci:** *adsorpsi, gelombang mikro, karbon aktif, NaCl, regenerasi*

## ABSTRACT

Waste active carbon (WAC) requires a regeneration process to restore and improve its adsorption capacity. This study aims to evaluate the effectiveness of regenerating waste activated carbon using a microwave heating method with NaCl as a chemical activator. The research process consists of four main stages: raw material preparation, regeneration with variations in NaCl concentration (5%, 10%, 15%, and 20%) and heating time (10, 15, and 20 minutes), a neutralization stage, and characterization analysis of activated carbon based on SNI 06-3730-1995 standards. The regeneration results indicate that the optimal condition was achieved at a NaCl concentration of 20% and a heating time of 15 minutes, yielding a moisture content of 3%, ash content of 5.5%, volatile matter of 14.5%, and fixed carbon of 77%, with all parameters meeting national standards and showing an improvement in adsorption capacity. Therefore, this method has the potential to serve as an efficient and environmentally friendly alternative for activated carbon purification processes in industry.

**Keywords:** *adsorption, microwaves, activated carbon, NaCl, regeneration*

## 1. PENDAHULUAN

Karbon aktif mampu menyerap berbagai zat organik maupun anorganik dari fase cair maupun gas. Material ini memiliki sifat khas berupa luas permukaan yang besar, volume pori yang tinggi, serta daya adsorpsi yang kuat, sehingga sering dimanfaatkan dalam berbagai proses pemurnian cairan [1].

Meskipun memiliki kemampuan adsorpsi yang sangat baik, karbon aktif memiliki keterbatasan dalam daya tahan. Seiring berjalannya waktu dan penggunaannya, kapasitas adsorpsi akan berkurang karena melewati batas jenuh dan tidak mampu menyerap zat-zat baru yang masuk. Regenerasi adalah proses untuk mengembalikan kapasitas adsorpsi karbon aktif yang telah berkurang dengan cara menghilangkan adsorbat yang terjebak di dalam mikropori karbon aktif [2].

Salah satu metode yang cukup menarik untuk dilakukan adalah regenerasi dengan bahan kimia, yaitu proses yang memanfaatkan zat tertentu guna melepaskan atau menghilangkan adsorbat dari permukaan karbon aktif. Aktivasi kimia sendiri merupakan tahapan pemutusan rantai karbon pada senyawa organik melalui penggunaan bahan kimia pengaktif. Umumnya, proses ini menggunakan garam organik maupun larutan asam maupun basa organik [3].

Pemilihan NaCl sebagai aktivator pada proses regenerasi kimia tersebut didukung oleh penelitian sebelumnya oleh Sahraeni, dkk. (2015) menyatakan bahwa hasil analisis kadar air 2,99 %, kadar abu 9,69 %, kadar *volatile matter* 13.76 %, dan daya serap iodin 817.17 mg/g pada variasi konsentrasi NaCl 30% [3]. Penelitian yang sama dilakukan oleh Assaury, dkk. (2023) penelitian tersebut mengenai aktivasi karbon aktif menggunakan aktivator NaCl menunjukkan hasil analisis daya serap *iodine* mencapai 774,14 mg/g pada variabel larutan NaCl 15%. Dari hasil tersebut, jenis aktivator NaCl berpotensi memberikan hasil karakteristik yang baik dengan biaya yang relatif murah [4].

Penelitian yang dilakukan oleh Oktaviani, dkk. (2024) mengenai penggunaan *microwave* pada daya 500, 600, dan 900 watt dengan variasi waktu aktivasi 5, 10, dan 15 menit, menunjukkan hasil karbon aktif memenuhi standar dengan hasil analisis terbaik pada daya 600 watt dan waktu aktivasi selama 15 menit dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 99,3% dan daya serap iod 365,8 mg/g [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas penggunaan gelombang mikro dalam aktivasi karbon aktif dengan larutan NaCl sebagai aktivator, serta menganalisis pengaruh parameter-parameter proses terhadap kualitas karbon aktif hasil regenerasi. Diharapkan dari penelitian yang dilakukan dapat memberikan pemahaman lebih dalam mengenai potensi gelombang mikro dalam meningkatkan efisiensi proses aktivasi karbon aktif, serta membuka peluang untuk pengembangan teknologi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis dalam industri pengolahan karbon aktif.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses regenerasi karbon aktif menggunakan gelombang mikro dan aktivator NaCl dibagi menjadi 4 proses utama meliputi : proses persiapan awal dengan bahan baku WAC (*Waste Active Carbon*) , proses regenerasi menggunakan gelombang mikro dengan aktivator NaCl, proses netralisasi karbon aktif setelah regenerasi, dan analisis karbon aktif sesuai SNI 06-3730-1995 dengan beberapa parameter seperti kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*.

### 2.1 Proses Persiapan Awal

Proses awal dari regenerasi karbon aktif menggunakan bahan baku WAC dibagi menjadi 3 bagian: persiapan bahan baku limbah (WAC), proses pencucian menggunakan aquadest hingga pH netral, dan proses pengeringan limbah menggunakan oven. Proses

persiapan awal sangat penting dilakukan untuk memastikan limbah karbon aktif yang akan diregenerasi sudah bebas dari bahan pengotor, penghilangan pengotor pada limbah bertujuan untuk memudahkan proses regenerasi yang disebabkan oleh penyumbatan pori-pori karbon aktif. Pencucian limbah dilakukan hingga pH netral diangka 6-7. Pengeringan selama 3 jam dengan suhu 105°C untuk mendapatkan limbah karbon dengan berat konstan tanpa adanya kandungan air yang berlebih.

## 2.2 Proses Regenerasi

Tahap regenerasi menggunakan gelombang mikro dan aktivator NaCl merupakan tahapan utama dalam proses regenerasi. Tujuan dari proses ini untuk mengembalikan daya jerap karbon aktif menggunakan pemanasan oleh *microwave* dan larutan NaCl sebagai aktivator kimia. Proses regenerasi dilakukan dengan beberapa variasi waktu pemanasan yakni 10, 15, dan 20 menit serta konsentrasi larutan NaCl sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%.

## 2.3 Proses Netralisasi

Pada proses ini dilakukan pencucian karbon aktif setelah regenerasi menggunakan aquades, pencucian dilakukan untuk menghilangkan sisa-sisa aktivator yang menempel pada pori-pori karbon aktif. Dilakukan pencucian hingga pH netral diangka 6-7 dan dilanjutkan pengeringan selama 3 jam pada suhu 100°C hingga berat konstan.

## 2.4 Analisis Karbon Aktif Setelah Regenerasi

Analisis karbon aktif yang telah diregenerasi dilakukan beberapa uji parameter sesuai SNI 06-3730-1995 berupa analisis kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*.

- **Analisis Kadar Air Karbon Aktif**

Analisis kadar air, sebanyak 1 gram sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselen. Selanjutnya, sampel dipanaskan pada suhu 110°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 10 menit sebelum dilakukan penimbangan kembali untuk mengetahui berat akhirnya [6].

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (1)$$

dimana :

$m_1$  = massa cawan mula-mula (g)

$m_2$  = massa cawan + karbon sebelum oven (g)

$m_3$  = massa cawan + karbon setelah oven (g)

- **Analisis Kadar Abu Karbon Aktif**

Pengujian kadar abu dilakukan dengan menimbang 1 gram sampel yang kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen. Sampel tersebut dipanaskan di dalam *furnace* pada suhu 815°C selama 1 jam, setelah itu didinginkan dalam desikator selama 15 menit sebelum dilakukan penimbangan beratnya [7].

$$\text{kadar abu (\%)} = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

$m_1$  = massa karbon awal (g)

$m_2$  = massa abu (g)

- **Analisis Zat Menguap (*Volatile Matter*) Karbon Aktif**

Uji kadar abu dilakukan dengan menimbang 1 gram sampel yang ditempatkan dalam cawan porselen. Selanjutnya, sampel dipanaskan di dalam *furnace* pada suhu

950°C selama 7 menit, kemudian didinginkan di dalam desikator selama 10 menit hingga diperoleh berat yang konstan [8].

$$\text{kadar } \textit{volatile matter} (\%) = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

$m_1$  = massa cawan mula-mula (g)

$m_2$  = massa cawan + isi sebelum *furnace* (g)

$m_3$  = massa cawan + isi setelah *furnace* (g)

- **Prosedur Analisis Kadar *Fixed Carbon* [9]**

$$\text{kadar } \textit{fixed carbon} (\%) = 100\% - (\text{abu} + \text{air} + \textit{volatile matter}) \quad (4)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan analisis terhadap karbon aktif yang telah diregenerasi menggunakan gelombang mikro dan larutan NaCl sebagai aktivator didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 1.** Kadar air karbon aktif setelah regenerasi

| Waktu regenerasi (menit) | Konsentrasi NaCl (%) | Massa cawan kosong (g) | Massa karbon (g) | Massa cawan + karbon (g) | Kadar air (%) |
|--------------------------|----------------------|------------------------|------------------|--------------------------|---------------|
| 10                       | 5                    | 26,200                 | 1,000            | 27,200                   | 6,000         |
|                          | 10                   | 26,230                 | 1,000            | 27,230                   | 6,000         |
|                          | 15                   | 25,090                 | 1,000            | 26,090                   | 5,000         |
|                          | 20                   | 26,430                 | 1,000            | 27,430                   | 4,000         |
| 15                       | 5                    | 26,475                 | 1,000            | 27,475                   | 5,500         |
|                          | 10                   | 43,110                 | 1,000            | 44,110                   | 5,000         |
|                          | 15                   | 26,585                 | 1,000            | 27,585                   | 4,500         |
|                          | 20                   | 26,540                 | 1,000            | 27,540                   | 3,000         |
| 20                       | 5                    | 19,810                 | 1,000            | 20,810                   | 6,500         |
|                          | 10                   | 19,230                 | 1,000            | 20,230                   | 6,000         |
|                          | 15                   | 26,260                 | 1,000            | 27,260                   | 4,500         |
|                          | 20                   | 26,220                 | 1,000            | 27,220                   | 4,000         |

**Tabel 2.** Kadar abu karbon aktif setelah regenerasi

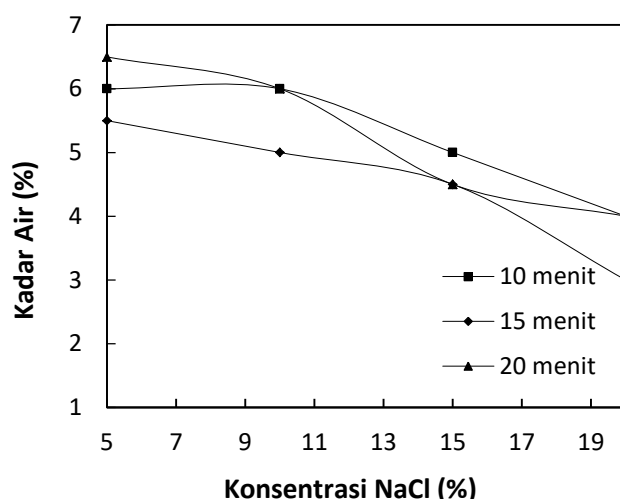
| Waktu regenerasi (menit) | Konsentrasi NaCl (%) | Massa cawan kosong (g) | Massa karbon (g) | Massa cawan + karbon (g) | Kadar air (%) |
|--------------------------|----------------------|------------------------|------------------|--------------------------|---------------|
| 10                       | 5                    | 22,575                 | 1,000            | 22,620                   | 4,500         |
|                          | 10                   | 21,105                 | 1,000            | 21,155                   | 5,000         |
|                          | 15                   | 34,840                 | 1,000            | 34,890                   | 5,000         |
|                          | 20                   | 21,025                 | 1,000            | 21,075                   | 5,000         |
| 15                       | 5                    | 19,250                 | 1,000            | 19,300                   | 5,000         |
|                          | 10                   | 24,820                 | 1,000            | 24,865                   | 4,500         |
|                          | 15                   | 21,040                 | 1,000            | 21,090                   | 5,000         |
|                          | 20                   | 25,080                 | 1,000            | 25,135                   | 5,500         |
| 20                       | 5                    | 24,820                 | 1,000            | 24,865                   | 4,500         |
|                          | 10                   | 19,825                 | 1,000            | 19,870                   | 4,500         |
|                          | 15                   | 19,830                 | 1,000            | 19,880                   | 5,000         |
|                          | 20                   | 34,830                 | 1,000            | 34,880                   | 5,000         |

**Tabel 3.** Kadar *volatile matter* karbon aktif setelah regenerasi

| Waktu regenerasi (menit) | Konsentrasi NaCl (%) | Massa cawan kosong (g) | Massa karbon (g) | Massa cawan + karbon (g) | Kadar <i>volatile matter</i> (%) |
|--------------------------|----------------------|------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 10                       | 5                    | 34,835                 | 1,000            | 35,665                   | 17,000                           |
|                          | 10                   | 13,715                 | 1,000            | 14,550                   | 16,500                           |
|                          | 15                   | 29,880                 | 1,000            | 30,715                   | 16,500                           |
|                          | 20                   | 32,005                 | 1,000            | 32,850                   | 15,500                           |
| 15                       | 5                    | 36,045                 | 1,000            | 36,880                   | 16,500                           |
|                          | 10                   | 21,495                 | 1,000            | 22,345                   | 15,000                           |
|                          | 15                   | 22,570                 | 1,000            | 23,415                   | 15,500                           |
|                          | 20                   | 28,315                 | 1,000            | 29,170                   | 14,500                           |
| 20                       | 5                    | 13,770                 | 1,000            | 14,600                   | 17,000                           |
|                          | 10                   | 31,450                 | 1,000            | 32,285                   | 16,500                           |
|                          | 15                   | 24,820                 | 1,000            | 25,655                   | 16,500                           |
|                          | 20                   | 15,715                 | 1,000            | 16,555                   | 16,000                           |

### 3.1 Kadar Air

Pada regenerasi karbon aktif menggunakan gelombang mikro dan aktivator NaCl konsentrasi 5%,10%, 15%, dan 20% didapatkan nilai kadar air berupa grafik seperti pada Gambar 1.

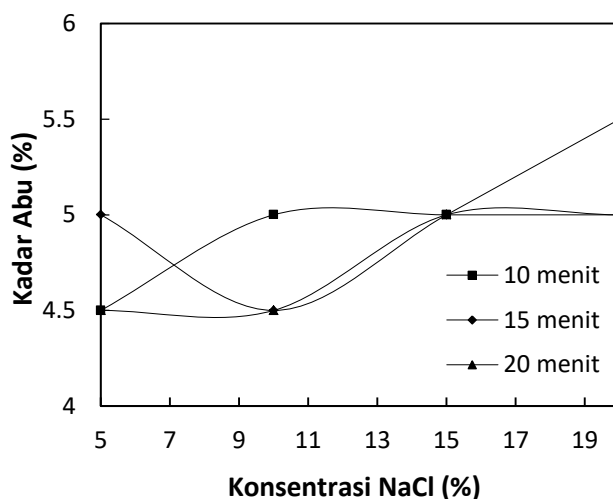


**Gambar 1.** Kadar air karbon aktif setelah regenerasi

Analisis kadar air pada Gambar 1, dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang masih tersisa di dalam pori-pori karbon aktif setelah proses aktivasi. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh kadar air berkisar antara 3,5–6,5%, yang telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995 dengan batas maksimum 15%. Peningkatan konsentrasi NaCl sebagai aktivator menyebabkan kadar air pada karbon aktif menurun seiring bertambahnya waktu regenerasi. Hal ini terjadi karena ion-ion dari larutan NaCl menarik molekul air di sekitarnya melalui proses yang dikenal sebagai hidrasi [10]. Selain konsentrasi NaCl, waktu aktivasi menggunakan pemanasan oleh *microwave* juga mempengaruhi kadar air pada karbon aktif. Secara umum, kenaikan suhu akan memberikan kadar air yang lebih rendah [11]. Menurut teori, waktu aktivasi yang lebih lama akan menurunkan kadar air. Hasil penelitian dari pengujian kadar air ini menurun seiring waktu, waktu pemanasan paling optimal pada penelitian yang dilakukan menunjukkan angka 15 menit.

### 3.2 Kadar Abu

Proses regenerasi menggunakan gelombang mikro dan aktivator NaCl konsentrasi 5%, 10%, 15%, dan 20% didapatkan nilai kadar abu berupa grafik seperti pada Gambar 2.

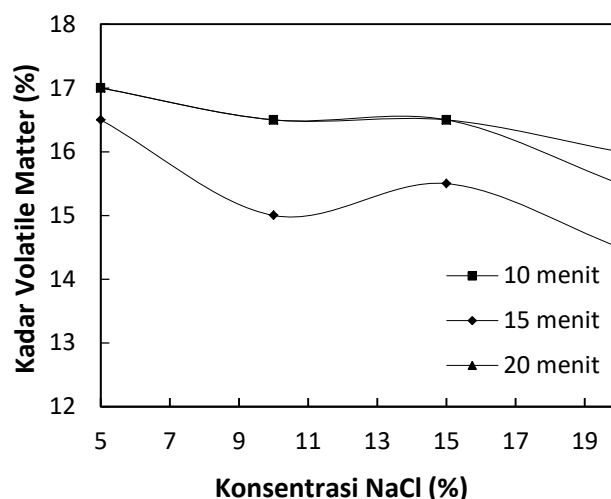


**Gambar 2.** Grafik hubungan konsentrasi NaCl terhadap kadar abu

Berdasarkan Gambar 2, uji kadar abu dilakukan untuk mengetahui jumlah mineral anorganik yang terdapat dalam karbon aktif. Mineral tersebut umumnya bersifat *non-volatile* atau tidak mudah menguap [12]. Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara konsentrasi NaCl (%) dan kadar abu karbon aktif yang dihasilkan. Pada konsentrasi 20% serta waktu aktivasi 15 menit menunjukkan nilai kadar abu terbesar yakni 5,5%. Karbon aktif dengan aktivator NaCl 20% memiliki kandungan mineral yang tinggi apabila dibandingkan dengan karbon aktif yang menggunakan aktivator NaCl 5, 10, dan 15%. Hal ini disebabkan oleh kandungan mineral pada NaCl dengan konsentrasi tinggi berbanding lurus dengan kandungan mineral yang terperangkap dalam pori-pori karbon aktif. Tingginya kadar abu pada karbon aktif dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain tingginya kandungan mineral pada bahan baku yang meningkatkan kadar abu setelah aktivasi, serta proses pencucian yang kurang sempurna sehingga sisa asam tidak sepenuhnya terbuang dan berkontribusi terhadap peningkatan kadar abu [13].

### 3.3 Kadar *Volatile Matter*

Proses regenerasi menggunakan gelombang mikro dan aktivator NaCl konsentrasi 5%, 10%, 15%, dan 20% didapatkan nilai kadar *volatile matter* berupa grafik seperti pada Gambar 3.

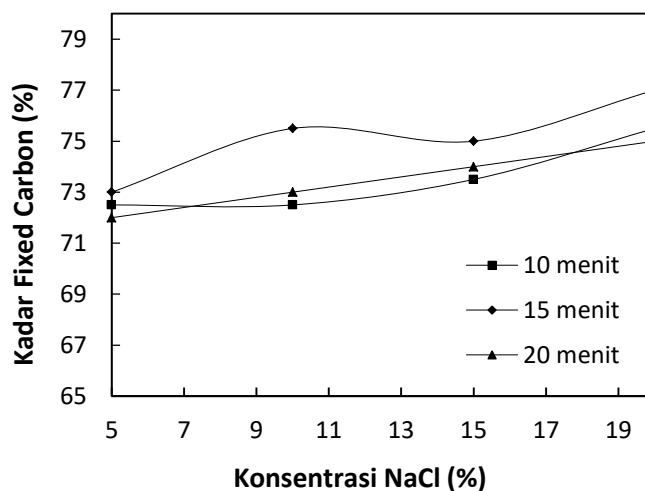


**Gambar 3.** Grafik hubungan konsentrasi NaCl terhadap kadar *volatile matter*

Uji kadar *volatile matter* seperti Gambar 3, dilakukan untuk mengetahui sejauh mana karbon aktif masih mengandung senyawa lain selain karbon. Nilai *volatile matter* yang lebih rendah menandakan peningkatan kemampuan adsorpsi, karena menunjukkan kandungan karbon yang lebih tinggi [14]. Kadar *volatile matter* yang diperoleh berkisar antara 14,5–17%, dengan hasil terbaik sebesar 14,5% pada konsentrasi NaCl 20% dan waktu regenerasi 15 menit. Hasil tersebut telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu kurang dari 25%. Semakin lama waktu regenerasi dan semakin tinggi konsentrasi NaCl sebagai aktivator, kadar *volatile matter* cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kemampuan NaCl dalam menghilangkan zat pengotor selama proses aktivasi, yang berkontribusi pada pembesaran diameter pori dan penurunan kadar *volatile matter* pada karbon aktif.

### 3.4 Kadar *Fixed Carbon*

Proses regenerasi menggunakan gelombang mikro dan aktivator NaCl konsentrasi 5%, 10%, 15%, dan 20% didapatkan nilai kadar *fixed carbon* berupa grafik seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik hubungan konsentrasi NaCl terhadap kadar *fixed carbon*

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa nilai kadar *fixed carbon* berkisar antara 71,50-78,50% yang artinya sudah sesuai SNI 06-3730-1995. Kadar *fixed carbon* tertinggi sebesar 78,50% pada waktu regenerasi 15 menit dan konsentrasi NaCl sebesar 20%, nilai *fixed carbon* memiliki hubungan yang searah dengan kadar air, kadar abu, dan kadar *volatile matter*. Pada ketiga parameter tersebut, kondisi optimal diperoleh pada konsentrasi NaCl 20% dengan waktu regenerasi selama 15 menit. Berdasarkan SNI 06-3730-1995, kadar *fixed carbon* yang baik untuk karbon aktif adalah minimal 65%. Semakin tinggi kadar karbon menunjukkan semakin besar pula proporsi karbon yang terikat dalam arang. Kondisi ini mengakibatkan luas permukaan karbon aktif meningkat dan jumlah pori-porinya bertambah, sehingga kemampuan adsorpsinya juga menjadi lebih baik [15].

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi NaCl berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif ditinjau dari parameter kadar air, kadar abu, kadar *volatile matter*, dan kadar *fixed carbon*. Peningkatan konsentrasi larutan NaCl menghasilkan karbon aktif dengan nilai kadar air lebih rendah diakibatkan oleh banyaknya molekul air yang terikat pada NaCl, kadar *volatile matter* semakin menurun dikarenakan semakin banyak zat pengotor yang dihilangkan, serta kadar *fixed carbon* yang semakin meningkat karena kandungan air, abu dan *volatile matter* yang rendah. Variabel terbaik pada konsentrasi NaCl 20% dan waktu regenerasi 15 menit dengan karakterisasi kadar air sebesar 3%, kadar abu sebesar 5,5%, kadar *volatile matter* sebesar 14,5%, kadar *fixed carbon* sebesar 77%.

Pada penelitian berikutnya, disarankan melakukan tahap persiapan bahan lebih maksimal, khususnya pada tahap pencucian agar kotoran benar-benar hilang dan mempermudah proses regenerasi. Selain itu, dianjurkan untuk melakukan variasi pada lama

proses adsorpsi serta jenis limbah yang digunakan, serta menambah parameter analisis melalui uji SEM untuk mengetahui karakteristik arang aktif setelah regenerasi.

## REFERENSI

- [1] A. S. Ahmed, M. Alsultan, R. T. Hameed, Y. F. Assim, dan G. F. Swiegers, "High Surface Area Activated Charcoal For Water Purification" *Jurnal of Composite Science*, vol. 6, no 311, 2022.
- [2] N. Rahayu, J. Wintoko, dan M. Hidayat, "Optimalisasi Regenerasi Dan Pemakaian Kembali Karbon Aktif Untuk Pemungutan Krom Dari Limbah Penyamakan Kulit" *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, ISSN 1693-4393, hal 1–6, 2023.
- [3] S. Sahraeni, I. Syahrir, dan Bagus, "Aktivasi Kimia Menggunakan NaCl Pada Pembuatan Karbon Aktif Dari Tanah Gambut," *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 978-602-60766-7-0, hal. 145–150, 2019.
- [4] G. D. Assaury, S. K. Ahnaf, dan A. T. Arinanda, "Pembuatan Arang Aktif Dari Gambut Hasil Pirolisis Katalitik Dengan Aktivator NaCl" *Metana: Media Komunikasi rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, vol. 19, no. 1, hal. 29–34, 2023.
- [5] Z. N. Oktaviani, D. Wahyuni, dan M. Nurhanisa, "Sintesis Karbon Aktif Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Aktivator Gelombang Mikro Dan Pengujian Kualitas Berdasarkan SNI 06-3730-1995" *Newton-Maxwell Journal of Physics*, vol.5, no. 1, 2024.
- [6] Y. Nopiani, E. Rossi, dan N. Arnas, "Karakterisasi Arang Aktif Dari Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Klorida" *Teknotan*, vol. 18, no. 2, hal. 149–156, 2024.
- [7] D. R. Sari dan Ariani, "Pengolahan Tempurung Kelapa Menjadi Arang Dan Asap Cair Dengan Metode Semi-Batch Pyrolysis" *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 9, hal. 367–372, 2021.
- [8] M. S. Hanavia, C. I. A. Meliati, dan L. Rubianto, "Pengaruh Suhu Pirolisis dan Konsentrasi Aktivator NaCl Terhadap Kualitas Adsorben Arang Aktif Berbahan Dasar Limbah Tempurung Kelapa," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, hal. 202–212, 2023.
- [9] A. Fitriansyah, H. Amir, dan E. Elvinawati, "Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif dari Sabut Pinang (Areca Catechu ) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Indigosol Blue 04-B," *Alotrop*, vol. 5, no. 1, hal. 42–54, 2021.
- [10] D. P. F. Fajri dan A. Takwanto, "Proses Aktivasi Arang Dari Tempurung Kelapa Menggunakan Aktivasi Fisika Dengan Microwave Dan Variasi Waktu," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 2, hal. 476–484, 2024.
- [11] D. Alimah, "Sifat Dan Mutu Arang Aktif Dari Tempurung Biji Mete (Anacardium Occidentale L.)" *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 35, no. 2, hal. 123-133, 2011.
- [12] Y. Suprianti dan A. S. K. Kurniasetyawati, "Regenerasi In-Situ Adsorben Karbon Aktif Tipe Granul Dengan Metode Termal," *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, vol. 3, no. 1, hal. 1–9, 2019.
- [13] S. P. Sari, M. Husnah, dan R. Sirait "Preparasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia Dan Fisika," *CHEDS Journal of Chemistry*,

- Education, and Science*, vol. 7, no. 2, hal. 142–148, 2023.
- [14] G. Pari, D. Hendra, dan R. A. Pasaribu, “Pengaruh Lama Waktu Aktivasi Dan Konsentrasi Kulit Kayu Acacia Mangium (The Influence Of Activation Time And Concentration Of Phosphoric Acid On The Quality Of Activated Charcoal Of Acacia Mangium Bark)” *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 24, no. 1, hal. 33–46, 2006.
- [15] A. Saban, “Pengaruh Konsentrasi Aktivator (NaOH dan HCl) Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung” *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, vol. 19, no. 2, hal. 219–228, 2023.