

PENGARUH *PRETREATMENT* TERHADAP KUALITAS KARBON AKTIF DARI BATANG ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)

Abdul Azis^{1*}, Afrianti S. Lamuru², Mahirullah, Andi Batari Angka⁴, Nur Aisyah⁵,
Rahmila⁶

^{1,2,3,4,5}Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jalan Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar,90245
*E-mail: abdul_azis@poliupg.ac.id

Riwayat Article

Received: 08 September 2025; Received in Revision: 28 September 2025; Accepted: 29 September 2025

Abstract

This study aims to compare the quality of activated carbon derived from water hyacinth stems subjected to pretreatment and without pretreatment. Water hyacinth was selected because it is an abundant biomass waste that has not been optimally utilized. The pretreatment method was conducted to remove impurities covering the cellulose structure, while activation with acetic acid was intended to produce activated charcoal with a larger surface area. The pretreatment process was carried out using open heating with varying concentrations of NaOH solution (3, 5, 7, 9, and 11%) for 60 minutes, followed by determining the cellulose content gravimetrically to identify the optimal NaOH concentration, which was then applied in the production of activated charcoal. The activation process employed a reflux method in 5% CH₃COOH solution with varying durations (30, 60, 90, 120, and 150 minutes). The resulting activated carbon was characterized based on the Indonesian National Standard (SNI) No. 06-3730-1995, including iodine adsorption capacity, moisture content, and ash content. In addition, the surface area was analyzed using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) method. The results showed that the most effective NaOH concentration for enhancing cellulose content was 7%, while the optimum activation time in 5% CH₃COOH solution was 120 minutes. The quality of activated carbon from water hyacinth stems, both with and without pretreatment, met the requirements of SNI No. 06-3730-1995 for moisture content and ash content. Activated carbon from pretreated water hyacinth met the SNI standard for iodine adsorption capacity, while that without pretreatment did not. Furthermore, the surface area of activated carbon obtained through pretreatment was greater compared to that without pretreatment.

Keywords: Water Hyacinth Stems, Pretreatment, Natrium Hydroxide solution, Activated Carbon

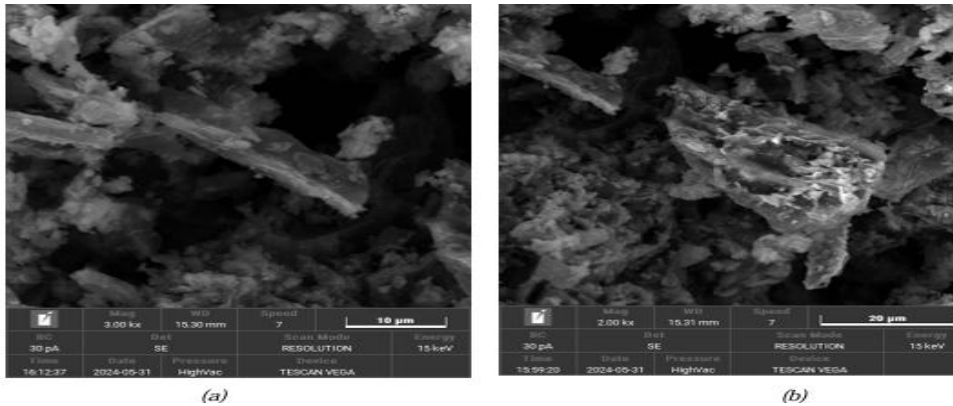
Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh kualitas karbon aktif dari batang eceng gondok yang melalui proses *pretreatment* dan tanpa *pretreatment*. Eceng gondok dipilih karena tanaman tersebut bisa menjadi limbah tanaman yang tak habis-habisnya dan belum dimanfaatkan secara optimal. Metode *pretreatment* dilakukan untuk menghilangkan pengotor yang menutupi struktur selulosa, sedangkan aktivasi dengan asam asetat bertujuan menghasilkan arang aktif yang memiliki luas permukaan besar. Proses *pretreatment* dilakukan dengan pemanasan terbuka selama 60 menit dalam variasi konsentrasi larutan NaOH (3%; 5%; 7%; 8%; 11%) serta ditentukan kadar selulosanya secara gravimetri untuk mengetahui konsentrasi NaOH yang optimal dan digunakan dalam proses pembuatan arang aktif. Proses aktivasi menggunakan metode refluks dalam larutan CH₃COOH 5% dengan variasi waktu (30; 60; 90; 120; 150 menit). Hasil aktivasi dikarakterisasi dengan uji daya serap iod, kadar air, kadar abu berdasarkan SNI No. 06-3730-1995. Selain itu, uji luas permukaan dilakukan dengan metode *Brunauer-Emmett-Teller* (BET). Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan NaOH yang efektif untuk meningkatkan kadar selulosa yaitu 7%, sedangkan waktu optimum untuk aktivasi karbon dalam larutan CH₃COOH 5% yaitu 120 menit. Kualitas karbon aktif dari batang eceng gondok dengan perlakuan *pretreatment* maupun tanpa *pretreatment* telah memenuhi standar SNI No 16-3730-1995. Karbon aktif batang eceng gondok dengan perlakuan *pretreatment* telah memenuhi standar uji daya serap iod yaitu 865 mg/g dan tanpa *pretreatment* tidak memenuhi parameter uji daya serap iod. Sedangkan, uji luas permukaan yang dihasilkan baik dari proses *pretreatment* maupun tanpa *pretreatment* telah memenuhi standar yaitu 668,151 m²/g dan 500,253 m²/g secara berurutan.

Keywords: Batang Eceng Gondok, Pretreatment, Larutan Natrium Hidroksida, Karbon Aktif

1. Introduction

Karbon aktif merupakan material berpori dengan ukuran makropori hingga mikropori (Gambar 1.) yang luas permukaannya sangat besar sehingga banyak dimanfaatkan untuk adsorben pada berbagai bidang seperti pemurnian air dan gas, pengolahan air limbah, serta penyerap bau dan warna (Novitasari et al., 2024; Watulingas et al., 2024). Sifat adsorpsi dari karbon aktif sangat dipengaruhi oleh luas permukaan dan struktur porinya. Berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif harus memenuhi beberapa standar antara lain kadar air $\leq 15\%$, kadar abu $\leq 10\%$ dan daya serap iod ≥ 750 mg/g (Murtono & Iriany, 2017). Oleh karena itu, pemilihan metode dan bahan baku yang tepat dapat menentukan perolehan hasil karbon aktif yang berkualitas.



Gambar 1. Mikrograf SEM karbon aktif dari eceng gondok dengan perbesaran 3000x skala 10 μm (a) 2000x skala 20 μm (b) (Watulingas et al., 2024)

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan jenis gulma air yang pertumbuhannya mudah meledak jumlahnya dan kerap menimbulkan masalah lingkungan (Nurhadi et al., 2019; Yulistiani et al., 2017). Laju pertumbuhannya mencapai 100 ton/ha/tahun, sehingga keberadaannya dapat mengganggu ekosistem perairan, menyebabkan pendangkalan, serta menurunkan kualitas air. Meskipun demikian, batang eceng gondok memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu 92,97%, hemiselulosa 5,36% dan lignin 1,71% (Pratiwi et al., 2021). Komposisi ini menunjukkan potensi besar eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif, karena kandungan seratnya dapat dikonversi menjadi karbon setelah melalui proses karbonisasi dan aktivasi (Riyanto et al., 2020). Dengan pemanfaatan yang tepat, tanaman ini justru dapat bernilai tambah dan memiliki potensi ekonomi.

Penelitian sebelumnya yang dilaporkan Nurul Fadya Ishak & Nurul Hajar (2024) menunjukkan bahwa karbon aktif yang dibuat dari batang eceng gondok dengan aktivasi menggunakan asam asetat belum memenuhi parameter untuk uji daya serap iod yang hanya mencapai sekitar 470 mg/g, sehingga belum memenuhi standar SNI. Hal ini menunjukkan pori-pori karbon belum terbuka sepenuhnya akibat adanya pengotor yang menutupi permukaan selulosa (Wulandari et al., 2023). Pemberian perlakuan awal (*pretreatment*) pada bahan baku adalah cara yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. *Pretreatment* menggunakan larutan basa, seperti NaOH, diyakini dapat melarutkan lignin dan hemiselulosa yang menutupi selulosa sehingga struktur pori lebih terbuka (Elwin et al., 2014; Pratiwi et al., 2021). Penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa *pretreatment* alkali mampu meningkatkan kadar selulosa dan kualitas karbon aktif yang dihasilkan (Kurniaty, 2017).

Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh *pretreatment* menggunakan variasi konsentrasi larutan NaOH terhadap kualitas karbon aktif dari batang eceng gondok. Selain itu juga, penelitian ini bertujuan mempelajari variasi waktu aktivasi dengan metode refluks menggunakan aktivator asam CH_3COOH 5%. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjawab permasalahan penggunaan eceng gondok yang meimpah jumlahnya sebagai bahan baku karbon aktif melalui proses *pretreatment* sehingga menghasilkan produk karbon aktif yang sesuai standar mutu nasional.

2. Methodology

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi neraca analitik, oven, furnace, hot plate, rangkaian refluks, desikator, ayakan 120 mesh, buret, pipet volume, erlenmeyer, labu takar, cawan porselen, gelas kimia, serta peralatan pendukung lainnya. Bahan penelitian terdiri dari batang eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), NaOH (3, 5, 7, 9, dan 11%), asam asetat (CH₃COOH) 5%, aquadest, iod (I₂), natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃), larutan amilum 1%, dan kertas saring.

2.2. Langkah Kerja

2.2.1 Penentuan konsentrasi NaOH

Batang eceng gondok dicuci hingga bersih, dipotong kecil, dikeringkan, kemudian dihaluskan dengan blender. Sebanyak 100gram sampel dipanaskan dalam 1 liter larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% pada suhu 100 °C selama 60 menit. Setelah itu, sampel dicuci menggunakan aquadest panas hingga pH netral, dikeringkan, kemudian dianalisis kadar selulosanya untuk menentukan konsentrasi NaOH optimum yang akan digunakan pada tahap berikutnya.

2.2.2 Pembuatan karbon

Pembuatan karbon aktif dari batang eceng gondok diawali dengan proses persiapan bahan, yaitu batang eceng gondok dicuci hingga bersih, dipotong kecil, dikeringkan di bawah sinar matahari, kemudian dihancurkan dengan blender. Pada sampel dengan perlakuan pretreatment, eceng gondok kering sebanyak 1 kg dipanaskan dalam larutan NaOH 7% selama 60 menit, kemudian dicuci menggunakan aquadest hangat hingga pH netral dan dikeringkan kembali. Tahap selanjutnya adalah karbonisasi menggunakan pembakaran sampel baik dengan pretreatment maupun tanpa pretreatment dipanaskan pada suhu 350°C dalam wadah logam tertutup di atas kompor hingga terbentuk arang, kemudian didinginkan, dihaluskan dengan blender, dan diayak hingga lolos ukuran 120 mesh.

2.2.3 Proses Aktivasi Karbon

Menimbang serbuk karbon sebanyak 30 gram lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 mL yang berisi 250 mL larutan asam asetat (CH₃COOH) 5%, kemudian ditambahkan magnetic stirrer. Erlenmeyer dipasang pada rangkaian refluks yang dilengkapi kondensor dan dipanaskan menggunakan hotplate. Untuk sampel dengan *pretreatment*, proses refluks divariasikan pada waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit, sedangkan untuk sampel tanpa *pretreatment* digunakan waktu 120 menit karena pada tahap sebelumnya diperoleh bahwa waktu optimum aktivasi adalah 120 menit. Setelah proses refluks selesai, karbon disaring menggunakan kertas saring, dicuci dengan aquadest hangat hingga mencapai pH netral, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C sehingga diperoleh karbon aktif yang siap untuk dikarakterisasi.

2.2.4 Karakterisasi Karbon Aktif

Sampel karbon aktif diuji kualitasnya berdasarkan standar SNI No. 06-3730-1995 yang meliputi pengujian kadar air, kadar abu, daya serap iod menggunakan metode titrasi iodimetry dan luas permukaan spesifik karbon aktif dianalisis dengan metode *Brunauer-Emmett-Teller* (BET).

2.2.4.1. Kadar Air

cawan petri kosong ditimbang hingga mencapai berat konstan, kemudian karbon aktif ditimbang sebanyak 1gram ke dalam cawan tersebut. Sampel kemudian dimasukkan di dalam oven pada suhu 105 °C, setelah itu didinginkan di dalam desikator dan ditimbang kembali. Proses pengeringan, pendinginan, dan penimbangan diulangi hingga diperoleh berat konstan. Kadar air dapat ditentukan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- W₀ = cawan kosong
- w₁ = cawan konstan + sampel sebelum pengeringan
- w₂ = cawan konstan + sampel setelah pengeringan

2.2.4.2. Kadar Abu

Cawan Porselen ditimbang hingga mencapai berat konstan, kemudian karbon aktif ditimbang sebanyak 2gram ke dalam cawan tersebut. Sampel kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C, didinginkan di dalam desikator, dan ditimbang kembali hingga mencapai berat

konstan. Selanjutnya, sampel dimurnikan di dalam tanur pada suhu 650 °C selama 4 jam. Setelah itu, cawan berisi abu dimasukkan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 30 menit, kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh berat konstan. Kadar air dapat ditentukan dengan rumus:

$$\text{Kadar abu} = \frac{w_2 - w_0}{w_1 - w_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- w₀ = cawan kosong konstan
- w₁ = cawan konstan + sampel sebelum pengeringan
- w₂ = cawan konstan + sampel setelah pengeringan

2.2.4.3. Daya Serap Iod

karbon aktif ditimbang sebanyak 0,5gram lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya, larutan iod (I₂) 0,1 N dipipet sebanyak 50 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian campuran dikocok selama 15 menit. Filtrat yang diperoleh kemudian dipipet sebanyak 10 mL ke dalam erlenmeyer lain dan dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃) 0,1 N. Setelah itu, larutan amilum 1% ditambahkan sebagai indikator, lalu titrasi dilanjutkan hingga larutan berubah menjadi bening. Data yang diperoleh dapatdihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Daya serap iod} = \frac{(\text{Blanko sampel}) \times N (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \times 126,93 \times Fp \times 5}{\text{Massa sampel}} \dots \dots \dots (3)$$

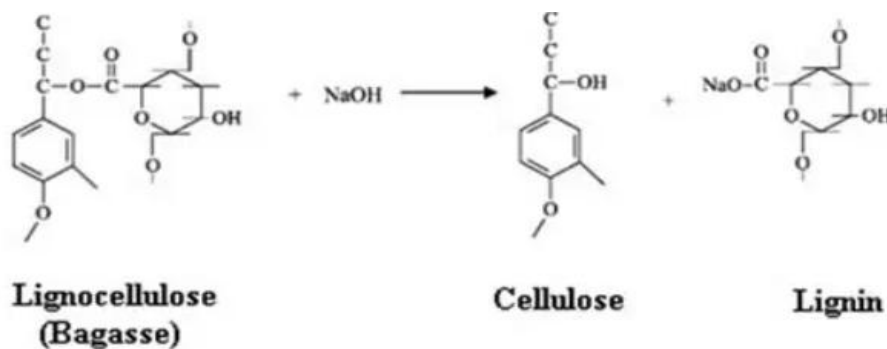
Keterangan:

- N (Na₂S₂O₃) : konsentrasi Na₂S₂O₃
- Fp : faktor pengencer
- Massa sampel : bobot karbon aktif
- 126,93 : jumlah iodin sesuai 1 mL larutan Na₂S₂O₃

3. Result and Discussion

3.1. Pengaruh pretreatment terhadap kadar selulosa

Pada proses pretreatment, tahap awal dilakukan pencucian batang eceng gondok hingga bersih untuk menghilangkan pengotor seperti lumpur dan mikroorganism yang dapat menambah kontaminan. Sebelum melakukan proses pretreatment dengan pemanasan, eceng gondok dihancurkan menggunakan blender agar larutan NaOH dapat bekerja secara efektif membuka struktur pori, sebagaimana yang dijelaskan oleh (Yulistiani et al., 2017) bahwa proses penghancuran bertujuan untuk memperluas permukaan kontak bahan terhadap larutan, sehingga mempercepat penetrasi larutan NaOH ke dalam jaringan lignoselulosa.

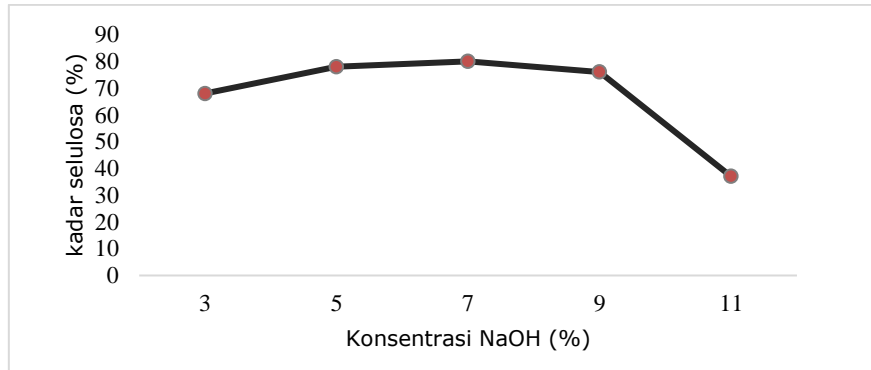


Gambar.2 Mekanisme Reaksi lignoselulosa dengan NaoH menghasilkan NaOH

Pretreatment menggunakan larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH memengaruhi kadar selulosa batang eceng gondok. Adapun hasil pengujian kadar selulosa pada masing-masing variasi konsentrasi larutan NaOH dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Selulosa

Konsentrasi NaOH (%)	Kadar Selulosa (%)
3	68,0
5	78,7
7	80,2
9	75,8
11	36,8



Gambar.3 Kurva Hubungan Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar Selulosa

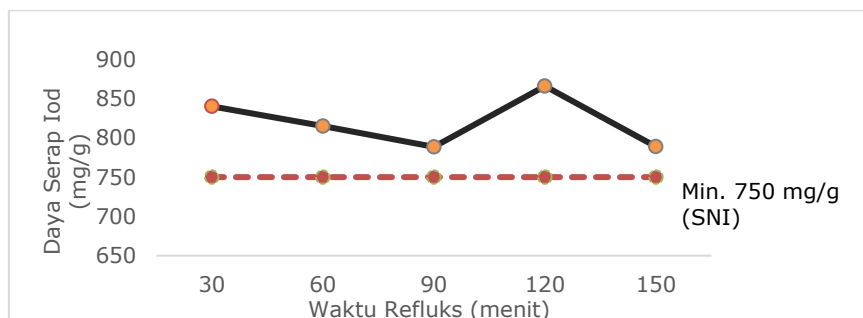
Kadar selulosa tertinggi diperoleh pada konsentrasi NaOH 7% yaitu sebesar 80,2%, sedangkan pada konsentrasi 9% dan 11% terjadi penurunan signifikan hingga 75,8% dan 36,8%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH yang terlalu rendah belum cukup efektif untuk melarutkan lignin dan hemiselulosa, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi justru merusak struktur selulosa. Hal ini sesuai dengan penelitian Elwin et al., 2014 dan Kurniaty, 2017 yang dilakukan yang menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 7% dalam proses pretreatment eceng gondok. Konsentrasi ini mampu membuka struktur pori secara efektif tanpa merusak jaringan selulosa sehingga dapat menurunkan kadar air dan menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi, sebaliknya konsentrasi yang lebih rendah belum cukup efektif membuka ikatan lignin, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi menyebabkan degradasi struktur selulosa. Dengan demikian, konsentrasi optimum pretreatment adalah NaOH 7%.

3.2. Aktivasi Karbon

Aktivasi karbon dilakukan dengan refluks dalam larutan CH_3COOH 5% dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit untuk sampel *pretreatment*. Hasil daya serap iod karbon aktif untuk *pretreatment* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Waktu Refluks terhadap Daya Serap Iod *Pretreatment*

Waktu Refluks (menit)	Daya Serap Iod (mg/g)	SNI No. 06-3730-1995
30	840,07	750
60	815,00	
90	788,51	
120	865,85	
150	788,82	



Gambar 4. Hubungan Waktu Refluks Terhadap Daya Serap Iod

Hasil menunjukkan bahwa daya serap iod meningkat seiring bertambahnya waktu aktivasi hingga mencapai maksimum pada 120 menit dengan nilai 865,85 mg/g, kemudian menurun pada waktu 150 menit. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi selama 120 menit merupakan kondisi optimum karena dapat membuka pori-pori karbon secara maksimal tanpa menyebabkan kerusakan struktur. Waktu aktivasi pada luas permukaan dan jumlah pori karbon aktif (Riyanto et al., 2020; Sa'diyah & Lusiani, 2022). Oleh karena itu, waktu aktivasi 120 menit digunakan untuk aktivasi sampel tanpa *pretreatment* untuk mengetahui perbedaan kualitasnya.

3.3. Perbandingan Kualitas Karbon Aktif *Pretreatment* dan Tanpa *Pretreatment*

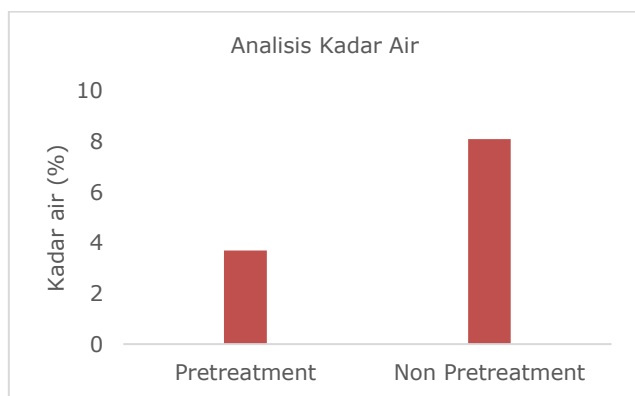
Karakterisasi karbon aktif mengacu pada SNI No. 06-3730-1995 meliputi kadar air, abu, daya serap iod dan luas permukaan. Hasil perbandingan kualitas karbon aktif dapat dilihat pada tabel 3. Hasil menunjukan bahwa secara keseluruhan kualitas karbon aktif yang dibuat dengan melakukan proses *pretreatment* dengan NaOH 7 % lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif tanpa *pretreatment*.

Tabel 3. Perbedaan Kualitas Karbon Aktif *Pretreatment* dan Tanpa *Pretreatment*

Parameter Uji	<i>pretreatment</i>	Tanpa <i>Pretreatment</i>	SNI No. 06-3730-1995
Kadar Air	0,62%	4,39%	Maks. 15%
Kadar Abu	3,7%	8,1%	Maks. 10%
Daya Serap Iod	865,85 mg/g	511,63 mg/g	Min. 750 mg/g
Luas Permukaan	668,151 m ² /g	500,253 m ² /g	-

3.3.1 Kadar Air

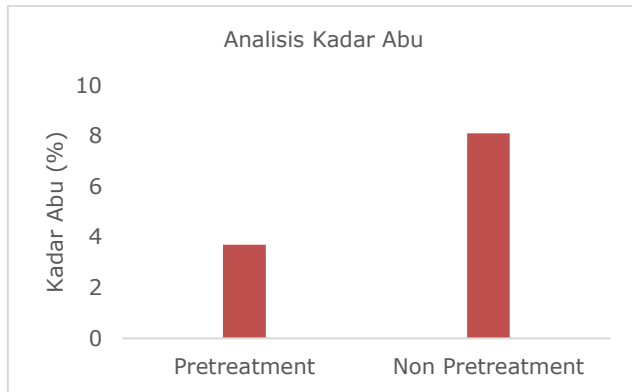
Perbandingan kualitas karbon aktif antara sampel dengan *pretreatment* dan tanpa *pretreatment* menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada beberapa parameter utama. Pada uji kadar air, karbon aktif dengan *pretreatment* memiliki nilai 0,62%, jauh lebih rendah dibandingkan sampel tanpa *pretreatment* yaitu 4,39%. Nilai kadar air yang lebih rendah menandakan bahwa karbon aktif *pretreatment* lebih stabil dan memiliki pori-pori yang lebih terbuka sehingga kandungan air yang terperangkap lebih sedikit (Esterlita & Herlina, 2015; Harmawanda et al., 2023; Ma'wa A'yuni et al., n.d.). Hal ini sesuai dengan standar SNI yang mensyaratkan kadar air maksimal 15%, di mana kedua sampel memenuhi, namun *pretreatment* menghasilkan kualitas yang lebih baik.



Gambar 5. Perbandingan kadar air karbon aktif *pretreatment* dan non *pretreatment*

3.3.2 Kadar Abu

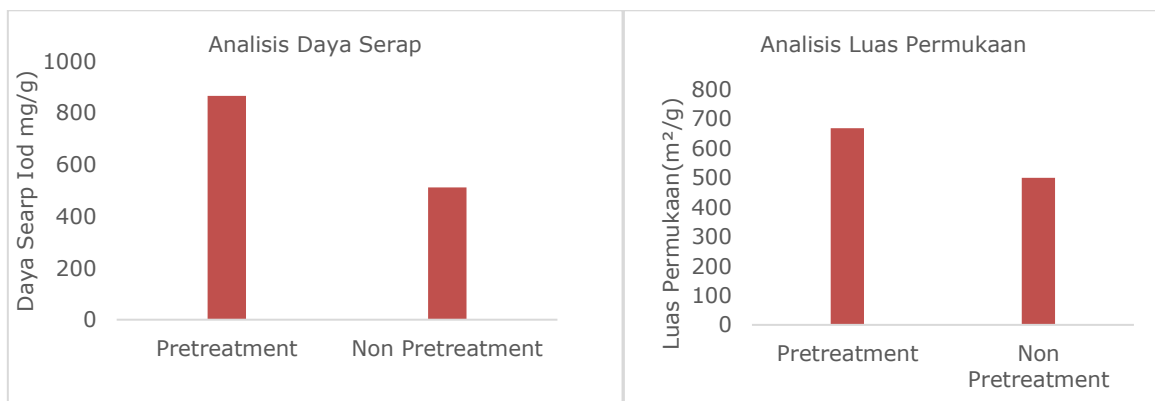
Karbon aktif *pretreatment* memiliki kadar abu 3,7%, sedangkan tanpa *pretreatment* mencapai 8,1%. Abu merupakan residu anorganik yang dapat menyumbat pori karbon dan mengurangi daya adsorpsi (Listyorini et al., n.d.; Oktaviani et al., 2024). Rendahnya kadar abu pada sampel *pretreatment* membuktikan bahwa proses perlakuan awal dengan NaOH mampu melarutkan sebagian besar pengotor anorganik yang menempel pada struktur biomassa. Dengan demikian, karbon aktif pada kedua sampel telah memenuhi standar SNI yang ditetapkan.



Gambar 6. Perbandingan kadar abu karbon aktif pretreatment dan non pretreatment

3.3.3 Daya Serap Iod dan Luas Permukaan

Sampel *pretreatment* memiliki daya serap iod 865,85 mg/g sedangkan sampel tanpa *pretreatment* sebanyak 511,63 mg/g, hal ini menunjukkan bahwa hanya sampel dengan *pretreatment* yang memenuhi standar yaitu minimal 750 mg/g (Hendrawan et al., 2017; Ma'wa A'yuni et al., n.d.; Zia Zazira et al., 2024). Tingginya daya serap iod pada karbon aktif *pretreatment* menunjukkan bahwa struktur pori lebih terbuka dan luas permukaan yang tersedia untuk adsorpsi lebih besar. Hal ini sejalan dengan hasil uji BET, di mana luas permukaan karbon aktif *pretreatment* mencapai 668,151 m²/g, lebih besar dibandingkan tanpa *pretreatment* yang hanya 500,253 m²/g.



Gambar 7. Perbandingan daya serap dan luas permukaan karbon aktif pretreatment dan non pretreatment

4. Conclusion

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pretreatment dengan larutan NaOH konsentrasi 7% berhasil meningkatkan kadar selulosa tertinggi dari ecek gondok yang berpengaruh pada kualitas karbon aktif. Waktu optimum untuk aktivasi karbon dalam larutan CH₃COOH 5% yaitu 120 menit.

Hasil perbandingan kualitas karbon aktif dengan pretreatment dan tanpa pretreatment berdasarkan SNI No 16-3730-1995 menunjukkan bahwa karbon aktif dengan pretreatment memenuhi standart SNI dari parameter kadar air (0,62%), kadar abu (3,7) dan daya serap iod (865,85 mg/g), sedangkan tanpa pretreatment tidak memenuhi standar pada parameter daya serap iod. Luas permukaan karbon aktif pretreatment lebih besar mencapai 668,151 m²/g, lebih besar dibandingkan tanpa *pretreatment* yang hanya 500,253 m²/g. Hal ini menjelaskan bahwa kualitas karbon aktif dengan pretreatment lebih baik dibandingkan dengan tanpa pretreatment.

References

- Elwin, Lutfi, M., & Hendrawan, Y. (2014). Analisis Pengaruh Waktu Pretreatment dan Konsentrasi NaOH. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 2(2), 110–116.
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). PENGARUH Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, Dan H₃PO₄ Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1).

- Harmawanda, S., Wahyuni, D., Nurhanisa, M., Zulfian Program Studi Fisika, dan, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Tanjungpura, U., & Hadari Nawawi, J. H. (2023). *Efektivitas Karbon Aktif dari Limbah Tongkol Jagung dengan Variasi Aktivator Asam Klorida dalam Penyerapan Logam Besi pada Air Gambut*. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jf/index>
- Hendrawan, Y., Sutan, S. M., Kreative, R., Keteknikan, J., Teknologi, P.-F., Brawijaya, P.-U., & Malang, J. V. (2017). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) Menggunakan Activating Agent NaCl. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(3).
- Kurniaty, I. (2017). Proses Delignifikasi Menggunakan Naoh Dan Amonia (NH₃) Pada Tempurung Kelapa. *JURNAL INTEGRASI PROSES*, 6(4), 197. <https://doi.org/10.36055/jip.v6i4.2546>
- Listyorini, H., Lestari, I., & Zamrud, W. (n.d.). Studi Literatur Pengaruh Aktivasi Fisika Dan Kimia Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Limbah Pertanian Dan Perkebunan. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, 2022(3), 432–443. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Ma'wa A'yuni, S., Kumila, B. N., & Tjahjono, A. (n.d.). Synthesis And Characterization Of Activated Carbon From Malapari Press Cake, Malapari Shell, And Cassava Peel. *Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics-Fiziya*, 7, 1–13. <https://doi.org/10.15408/fiziya.v7i2.46256>
- Murtono, J., & Iriany. (2017). Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Aktivator Asam Fosfat Dan Aplikasinya Sebagai Penjerap Pb(II). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(1).
- Novitasari, D., Lamuru, A. S., & Mahirullah. (2024). Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Melalui Karbonasi Suhu 600 oC dengan Aktivator KOH. *Jurnal Crystal*, 6, 35–44.
- Oktaviani, Z. N., Wahyuni, D., Nurhanisa, M., & Artikel, R. (2024). 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*, 5(1). <https://www.ejournal.unib.ac.id/index.php/nmj>
- Pratiwi, Y., Lestari, I., Triadisti, N., & Zamzani, I. (2021). The Effect of Concentration of NaOH and H₂SO₄ on Isolation and Identification of Cellulose Using The Delignification Process of Water Hyacinth Powder (Eichhornia crassipes). *Article in International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 5(1), 429–438. <https://www.researchgate.net/publication/354983115>
- Riyanto, C. A., Prabalaras, E., & Martono, Y. (2020). Karakterisasi Nanopartikel Karbon Aktif Dari Daun Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Berdasarkan Variasi Suhu Dan Waktu Aktivasi. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 42(2), 85. <https://doi.org/10.24817/jkk.v42i2.5633>
- Sa'diyah, K., & Lusiani, C. E. (2022). Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 6(1), 9–19. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v6i1.259>
- Wulandari, R., Riyanto, C. A., & Martono, Y. (2023). Kinerja Karbon Aktif Daun Eceng Gondok pada Penurunan Kadar Fosfat Artifisial dan Surfaktan dalam Limbah Detergen. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(2), 149. <https://doi.org/10.20961/alchemy.19.2.65626.149-161>
- Yulistiani, F., Ratna Permanasari, A., Ridwan, I., Nurhasanah, A., & Wardah, S. (2017). Analisis Pengaruh Pre-Treatment Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas. *Industri Research Workshop and National Semniar*.
- Zia Zazira, A., Teknik Kimia, J., & Negeri Lhokseumawe, P. (2024). Pengaruh Jenis Aktivator Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Berbahan Ampas Tebu. *Jurnal Teknologi*, 24(1), 9–15.