

**PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR ASAM KLOORIDA (HCl)  
PADA AKTIVASI KARBON AKTIF DARI AMPAS TEH****Sesy Alvira Dwi Saskia<sup>1,\*</sup>, Shelly Alfrinda<sup>2</sup>, dan Mardhiyah Nadir<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup> Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia\*) Email : [sesyalvira@gmail.com](mailto:sesyalvira@gmail.com)

(Received : 02-03-2025; Revised: 15-03-2025; Accepted: 30-03-2025)

**Abstrak**

Ampas teh merupakan sampah yang sering terbuang percuma, pemanfaatan ampas teh masih sangat terbatas dan dalam ruang lingkup yang kecil. Bidang pertanian menggunakan teh sebagai tambahan dalam pembuatan kompos, selain dimanfaatkan menjadi pupuk organik ampas teh juga bisa dimanfaatkan menjadi karbon aktif sebagai adsorben. Dalam pembuatan karbon aktif, kandungan ampas teh yang diperhitungkan adalah holoselulosa yaitu sebesar 60,81%. Ampas teh terdiri dari selulosa sebesar 29,42% dan lignin sebesar 36,94%. Dalam pembuatan karbon aktif perlu dilakukan proses karbonisasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam klorida (HCl) pada aktivasi karbon aktif dari ampas teh terhadap kualitas karakteristik karbon aktif yang dihasilkan mengacu standar SNI No. 06-3730-1995. Ampas teh di karbonisasi menggunakan furnace pada suhu 400 °C selama 20 menit dengan aktivasi variasi konsentrasi HCl 0,5 M; 1 M; 1,5 M; 2 M dan 2,5 M selama 48 jam. Hasil terbaik terdapat pada konsentrasi HCl 1 M dengan nilai daya jerap iod 896,287 mg/g, kadar air 8,26 %, kadar abu 2,91 %, volatile matter 24,33 % dan fixed carbon 64,5 %.

**Kata kunci:** aktivasi; ampas teh; HCl; karbon aktif.**Abstract**

*Tea dreg is a waste that is often wasted, the utilization of tea waste is still very limited and in a small scope. The field of animal husbandry uses tea as an addition in making compost, besides being used as organic fertilizer, tea dregs can also be used as activated carbon as an adsorbent. In making activated carbon, the content of tea pulp that is taken into account is holocellulose, which is 60.81%. Tea pulp consists of cellulose of 29.42%, and lignin of 36.94%. In making activated carbon, the carbonization process needs to be done. The purpose of this study was to determine the effect of hydrochloric acid (HCl) concentration on the activation of activated carbon from tea dregs on the quality characteristics of activated carbon produced referring to SNI standard No. 06-3730-1995. Tea dregs were carbonized using a furnace at 400 °C for 20 minutes with varying concentrations of HCl 0.5 M; 1 M; 1.5 M; 2 M and 2.5 M for 48 hours. The best results were found at 1 M HCl concentration with an iodine absorption value of 896.287 mg/g, moisture content of 8.26%, ash content of 2.91%, volatile matter of 24.33% and fixed carbon of 64.5%.*

**Keywords:** activation; activated carbon; HCl; tea dreg.

## PENDAHULUAN

Sebagian besar orang saat ini menikmati minuman teh sebagai bagian dari rutinitas sehari-hari. Ampas teh merupakan sampah yang sering terbuang percuma, pemanfaatan ampas teh masih sangat terbatas dan dalam ruang lingkup yang kecil. Bidang peternakan menggunakan teh sebagai tambahan dalam pembuatan kompos (soilfoodweb, 2001 dalam Rustiah, 2016). Teh banyak digunakan industri untuk memproduksi minuman teh. Industri-industri tersebut menghasilkan sampah ampas teh dalam jumlah yang cukup tinggi dan masih belum dimanfaatkan secara optimal. (Devina, 2019 dalam Setyarini dkk., 2020). Selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pupuk organik dan papan partikel, ampas teh juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif adsorben pada limbah cair laboratorium (Rustiah, 2016). Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif adalah ampas teh. Dalam pembuatan karbon aktif, kandungan ampas teh terdiri dari holoselulosa sebesar 60,81%, selulosa sebesar 29,42% dan lignin sebesar 36,94%. (Tutus dkk., 2015 dalam Misran dkk., 2016). Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai kapasitas adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya. Karbon aktif yang baik harus mempunyai luas area permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga akan besar (Storage, 1985). Menurut data yang dikemukakan oleh Dewan Teh Indonesia, Konsumsi teh per kapita penduduk Indonesia per tahun berdasarkan data yang diperoleh adalah sebanyak  $\pm 0,35$  kg/kapita/tahun (Dewan Teh Indonesia, 2018). Produksi teh di Indonesia pada tahun 2022 sebesar 124,7 ton. Pada tahun 2021 luas areal PBN Teh Indonesia tercatat seluas 29.561 hektar (Badan Pusat Statistik, 2022).

Berdasarkan penelitian (Setyarini dkk., 2020) menggunakan ampas teh sebagai bahan baku karbon aktif. Pada penelitian ini menggunakan metode aktivasi kimia dengan aktivator kalium karbonat  $K_2CO_3$  dengan konsentrasi 5M selama 24 jam. Perbandingan massa adsorben ampas teh dan volume larutan aktivator sebesar 1:5 dan dengan suhu karbonisasi 400 °C selama 1 jam. Hasil terbaik dari penelitian ini menunjukkan adsorben yang teraktivasi memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan adsorben yang tanpa aktivasi. Kualitas adsorben ampas teh yang telah memenuhi standar adalah kadar air sebesar 3,58%.

Berdasarkan Sylvia dkk., (2022) menggunakan ampas teh sebagai bahan baku adsorben. Pada penelitian ini menggunakan metode aktivasi kimia dengan asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 0,1 N selama 24 jam dan dengan suhu oven 105 °C selama 6 jam. Kolom adsorpsi dengan variasi tinggi unggun 8, 12 dan 16 cm dengan waktu kontak sebanyak 15, 30, 45, 60 dan 90 menit dan methyl orange dengan konsentrasi 15 dan 30 ppm. Hasil terbaik terdapat pada adsorben ampas teh dengan aktivasi HCl 0,1 N dengan tinggi unggun 16 cm dan konsentrasi metil orange sebanyak 30 ppm mampu menyerap dengan baik dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 0,54 mg/g dan efisiensi penyerapan sebesar 53%.

Berdasarkan penelitian Oko dkk., (2021) menggunakan karbon aktif dari ampas kopi untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator (HCl) dengan variasi 0,5 M, 1 M dan 1,5 M selama 48 jam dan variasi suhu 400 °C, 500 °C, 600 °C dan 700 °C. Hasil terbaik dari penelitian ini didapatkan pada suhu 400 °C dan aktivator 1 M dengan kadar air sebesar 1,49%, kadar abu sebesar 2,15%, kadar volatile matter sebesar 9,89% dan daya jerap iod sebesar 797,46 mg/g

Penelitian – penelitian tersebut, masih bisa dikembangkan dengan memvariasikan dan meningkatkan konsentrasi aktivator asam klorida (HCl) berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Oko dkk., (2021) pada karbon aktif dari ampas teh. Penelitian oleh Nurrahman dkk., (2021) membuktikan bahwa konsentrasi aktivator sangat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Menurut Masturi, dkk (2016) dalam Nurrahman dkk., (2021) dengan meningkatnya konsentrasi aktivator maka pori-pori akan semakin luas sehingga luas permukaan semakin bertambah, dan meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Pada penelitian ini menggunakan ampas teh sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif dengan memvariasikan konsentrasi aktivator asam klorida (HCl) 0,5 M, 1 M, 1,5 M, 2 M dan 2,5 M dengan volume aktivator 150 ml selama 48 jam. Pada penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas karakteristik karbon aktif dari ampas teh yang mengacu pada standar SNI No. 06-3730-1995.

## METODOLOGI

### Prosedur Utama

Mencuci ampas teh hingga bersih dan di jemur dibawah sinar matahari, kemudian dikarbonisasi menggunakan furnace dengan suhu 400 °C selama 20 menit. Karbon yang dihasilkan selanjutnya di ayak dengan menggunakan *screening* ukuran lolos 100 tertahan 120 mesh. Karbon ampas teh ditimbang sebanyak 15 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian di aktivasi secara kimia dengan larutan HCl 0,5 M; 1 M; 1,5 M; 2 M dan 2,5 M selama 48 jam. Karbon aktif yang diperoleh dicuci menggunakan *aquades* hingga pH menjadi netral dan disaring menggunakan kertas saring whatman no. 42. Selanjutnya karbon aktif dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 3 jam. Kemudian dilanjutkan dengan pendinginan menggunakan desikator selama 20 menit. Produk karbon aktif yang diperoleh di uji kadar air, kadar abu, volatile matter, fixed carbon dan uji daya jerap iod.

### Analisa Kadar Air (ASTM D-3173)

Menaikkan suhu oven hingga 105°C-110°C kemudian menimbang petridish kosong + tutupnya, dan mencatat data, lalu menimbang sampel 1 gram ke dalam cawan petridish dan meletakkan di atas tray, setelah itu memasukkan tray beserta sampel tersebut ke dalam oven, dan meletakkan tutup cawan petridish di luar, memanaskan selama 1 jam lalu mengeluarkan tray beserta sampel dari oven, dan menutup kembali dengan penutup cawan petridish yang sesuai, setelah itu mendinginkan cawan beserta sampel di dalam desikator selama 5 menit, menimbang kembali cawan petridish beserta sampel yang telah didinginkan dan mencatat data analisa pada lembar kerja proximate analysis selanjutnya melakukan perhitungan.

### Analisa Kadar Abu (ASTM D-3173)

Mencatat nomor sampel, nomor pekerjaan, dan nomor cawan pada lembar kerja proximate analysis kemudian menimbang petridish kosong = tutupnya, mencatat data setelah itu menimbang sampel 1 gram kedalam cawan, meratakannya lalu meletakkan di atas tray, memijarkan crucible yang telah berisi sampel di dalam furnace pada suhu 450-500°C selama 1 jam, kemudian dilanjutkan pada suhu 750°C selama 3 jam dan mengeluarkan cawan dari furnace dan mendinginkan di dalam desikator selama 5-10 menit selanjutnya menimbang cawan yang berisi residu dan membersihkan residu didalam cawan dengan menggunakan kuas kering kemudian menimbang cawan kosong setelah pemanasan, mencatat data analisa pada lembar kerja proximate analysis dan melakukan perhitungan data.

### Analisa Volatile Matter (ASTM D-3175)

Menaikkan suhu furnace VM hingga 950°C dan mencatat nomor pekerjaan dan nomor cawan pada lembar kerja proximate analysis setelah itu menimbang cawan kosong beserta tutup kemudian mencatatnya pada lembar kerja proximate analysis, Menimbang secara merata sampel 1 gram ke dalam cawan, kemudian ditutup kembali dan mencatat hasil penimbangan, kemudian memasukkan cawan yang telah berisi sampel ke dalam furnace beserta tutupnya dan memijarkan selama 7 menit lalu mengeluarkan cawan dari furnace dan mendinginkannya pada desikator selama 7 menit setelah itu menimbang cawan yang berisi residu yang telah didinginkan tersebut beserta tutupnya dan mencatat pada lembar kerja proximate analysis kemudian melakukan perhitungan data

### Analisa Daya Jerap I<sub>2</sub> (SNI 06-3720-1995)

Menimbang karbon aktif sebanyak 0,5 gram dan mencampurkan karbon aktif yang telah ditimbang dengan 50 mL larutan iod 0,1 N kemudian mengaduk larutan yang telah di beri karbon aktif dengan magnetic stirer selama 15 menit lalu menyaring larutan menggunakan kertas saring Whatman No. 42, setelah itu memipet 10 mL larutan sampel dan menitrasi dengan larutan Natrium Thiosulfat 0,1 N hingga larutan mulai terlihat keruh kemudian menambahkan larutan kanji 1% kedalam larutan sampel sebagai indikator hingga larutan sampel berwarna biru tua, kemudian menitrasi kembali larutan sampel hingga berubah warna menjadi bening kemudian menghitung daya serap karbon aktif terhadap iodin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

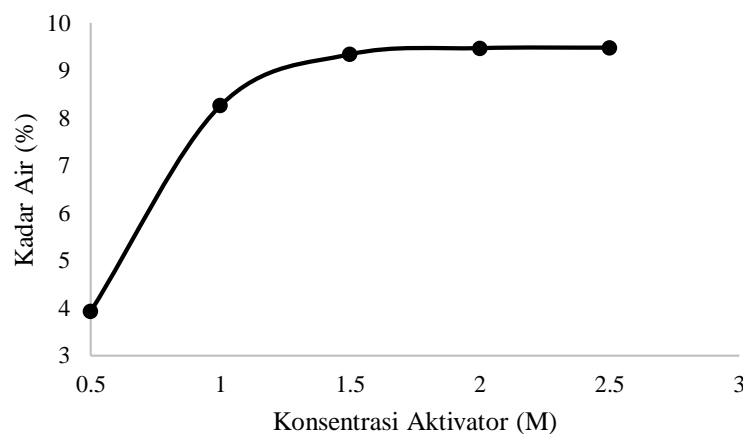
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator HCl pada proses pembuatan karbon aktif dari ampas teh dengan standar kualitas mengacu pada SNI 06-3730-1995. Proses pembuatan karbon aktif dari ampas teh melalui proses karbonisasi pada suhu 500 °C selama 20 menit. Karbon diaktivasi menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi aktivator 0,5 M; 1 M; 1,5 M; 2 M; dan 2,5 M selama 48 jam. Karbon aktif yang dihasilkan dianalisa *proximate* dan daya jerap iodnya dapat dilihat pada Tabel. 1

**Tabel 1.** Data Analisa Karbon Aktif

Karakteristik	Tanpa aktivator	HCl (M)					SNI
		0,5	1	1,5	2	2,5	
Kadar air (%)	3,15	3,93	8,26	9,34	9,47	9,48	≤ 15
Kadar abu (%)	4,27	3,25	2,91	2,65	2,55	1,94	≤ 10
Volatile matter (%)	35,05	32,11	24,33	24,02	28,45	27,30	≤ 25
Fixed carbon (%)	57,53	60,71	64,5	63,99	59,49	61,28	≥ 65
Daya jerap iod (mg/g)	393,23	566,789	896,287	738,369	724,745	711,279	≥ 750

### A. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Kadar Air Karbon Aktif

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Tinggi rendahnya kadar air menunjukkan banyak sedikitnya air yang menutupi pori-pori karbon aktif (Baryatik, 2016). Kadar air karbon aktif harus bernilai kecil karena akan mempengaruhi daya serap karbon aktif.

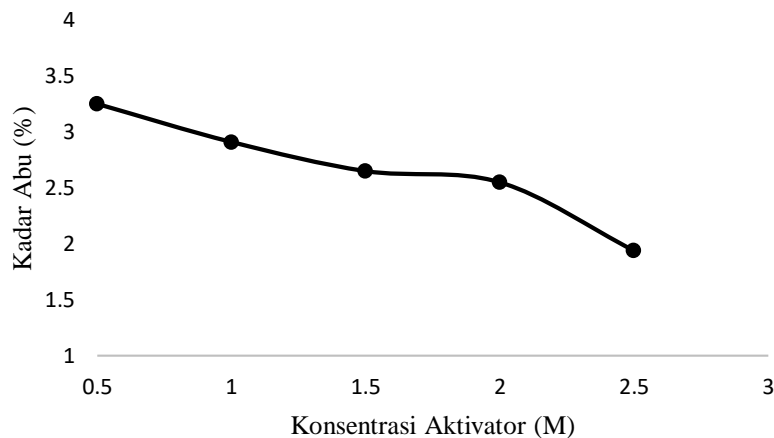


**Gambar 1.** Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Kadar Air

Pada Gambar 1. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator HCl maka kadar air karbon aktif yang dihasilkan cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan sifat higroskopis aktivator HCl yang sangat kuat, konsentrasi HCl yang digunakan sebanding dengan kadar air yang dihasilkan. HCl membantu mengikat molekul air pada pori-pori karbon aktif, sehingga meningkatkan kadar air yang terikat. Sifat higroskopis karbon aktif memungkinkannya berfungsi sebagai adsorben. Pori-pori karbon aktif melebar setelah aktivator mengikat molekul air pada karbon aktif (Baryatik, 2016). Hasil terbaik terdapat pada konsentrasi HCl 0,5 M karena memiliki kadar air yang paling rendah lebih optimal untuk digunakan dalam proses adsorpsi. Berdasarkan hasil analisa pada penelitian yang telah dilakukan nilai kadar air sudah memenuhi standar (SNI 06-3730-1995) karena batas maksimum kadar air pada karbon aktif sebesar 15%.

## B. Pengaruh Konsentrasi AKtivor Terhadap Kadar Abu Karbon Aktif

Kadar abu pada karbon aktif merupakan persentase kandungan abu yang terdapat pada karbon aktif. Kadar abu adalah campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu bahan. Pengujian kadar abu ini bertujuan untuk mengetahui kandungan abu pada karbon aktif dikarenakan apabila kandungan abu semakin tinggi maka mengakibatkan daya serap yang dihasilkan semakin rendah, karena itu diupayakan kandungan abu sekecil mungkin supaya proses adsorpsi yang terjadi dapat maksimal (Meilianti, 2018).

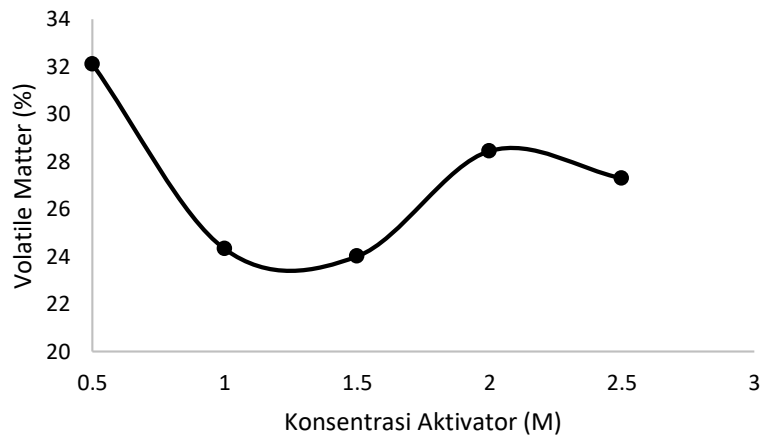


**Gambar 2.** Pengaruh Konsentrasi AKtivor Terhadap Kadar Abu

Berdasarkan Gambar 2. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator HCl maka kadar abu karbon aktif semakin rendah. Semakin tinggi konsentrasi HCl semakin banyak mineral yang terlarut, maka akan mengurangi kandungan abu karbon aktif. HCl dapat mengikis unsur yang membentuk abu, sehingga mengurangi kadar abu pada karbon aktif. Penurunan kadar abu pada karbon aktif tersebut dikarenakan HCl yang bersifat *miscible* dengan air atau membentuk larutan homogen dengan semua perbandingan, yang dapat melarutkan zat-zat residu (Ambarwati dkk., 2019 dalam Oko dkk., 2021). Hasil terbaik terdapat pada konsentrasi HCl 2,5 M yaitu nilai kadar abu yang paling rendah, semakin rendah kadar abu karbon aktif maka meningkatkan kualitas dan daya tahan karbon aktif. Berdasarkan hasil analisa pada penelitian yang telah dilakukan nilai kadar abu sudah memenuhi standar (SNI 06-3730-1995) dimana batas maksimum kadar abu pada karbon aktif sebesar 10%.

## C. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap *Volatile Matter*

Analisa *volatile matter* ini bertujuan untuk mengetahui persentase senyawa yang mudah menguap yang terkandung dalam karbon aktif (Permatasari dkk., 2014 dalam Oko dkk., 2021). Kadar zat menguap yang tinggi dapat mempengaruhi daya serap arang aktif. Apabila kadar zat menguap tinggi pada arang aktif, maka semakin tinggi daya serapnya.

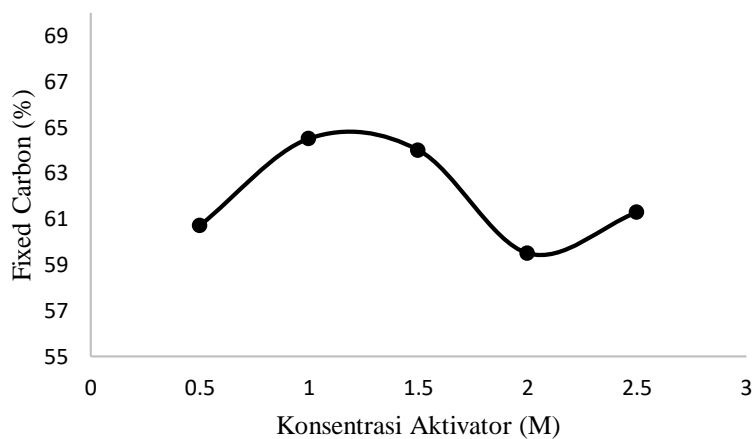


**Gambar 3.** Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap *Volatile Matter*

Berdasarkan Gambar 3. menunjukkan bahwa *volatile matter* mengalami penurunan dengan bertambahnya konsentrasi aktivator, kecuali pada konsentrasi aktivator 2 M. Tidak sepenuhnya penguraian senyawa non karbon seperti CO, CO dan H mengakibatkan kadar *volatile matter* mengalami kenaikan (Surest dkk., 2010 dalam Oko dkk., 2021). Naik turunnya *volatile matter* terhadap konsentrasi HCl dapat dipengaruhi oleh keseimbangan antara proses aktivasi karbon aktif, perubahan struktur pori, degradasi bahan organik dan pembuatan gas yang terjadi selama aktivasi. Nilai *volatile matter* yang paling tinggi sebesar 32,11% dan yang paling rendah sebesar 24,02%. Nilai optimum kadar *volatile matter* terdapat pada konsentrasi aktivator 2 M hal ini dikarenakan pada konsentrasi tersebut terjadi kemampuan maksimum kadar zat yang terbang. Nilai *volatile matter* terbaik terdapat pada konsentrasi HCl 1,5 M yaitu nilai *volatile matter* yang paling kecil yang sudah memenuhi standar (SNI 06-3730-1995) dimana batas maksimum *volatile matter* pada karbon aktif sebesar 25%.

#### D. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap *Fixed Carbon*

Fixed carbon merupakan fraksi karbon yang diperoleh berdasarkan hasil pengurangan dari seluruh berat contoh uji (100%) terhadap zat yang mudah menguap dan kadar abu. Analisa fixed carbon bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses karbonisasi dan aktivasi. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar zat mudah menguap dan kadar abu.



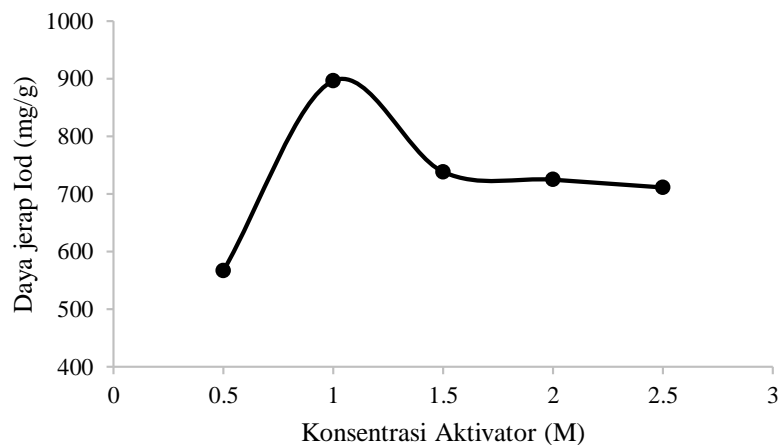
**Gambar 4.** Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap *Fixed Carbon*

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka nilai fixed carbon terjadi kenaikan, kecuali pada konsentrasi aktivator 2 M terjadi penurunan karena semakin besar kadar zat menguap dan kadar abu maka akan menurunkan kadar karbon terikat (Pinem, 2015). HCl berperan sebagai

aktivator yang menghilangkan komponen non-karbon melalui proses pengikatan dan pelarutan. Pada konsentrasi tinggi HCl dapat merusak struktur pori karbon aktif, sehingga mengurangi jumlah fixed carbon yang tersisa. Nilai fixed carbon yang paling tinggi sebesar 64,5% dan yang paling rendah sebesar 59,49%. Nilai terbaik fixed carbon terdapat pada konsentrasi aktivator 1 M yaitu nilai fixed carbon yang paling tinggi. Pada penelitian ini nilai fixed carbon belum memenuhi standar (SNI 06-3730-1995).

### E. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Daya Jerap Iod (mg/g)

Daya serap terhadap larutan  $I_2$  pada karbon aktif merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan berat molekul kecil dan zat dalam fasa cair. Penentuan daya adsorpsi karbon aktif terhadap iod memiliki korelasi dengan luas permukaan dari karbon aktif, karena semakin besar angka iodin (*iodin number*) maka semakin besar pula kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi adsorbat, terutama untuk adsorbat yang mewakili jenis molekul anorganik (Bangun et al., 2016). Metode yang digunakan dalam analisis daya adsorpsi karbon aktif terhadap larutan iod adalah dengan metode titrasi iodometri



**Gambar 5.** Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Daya Jerap Iod

Berdasarkan Gambar 5. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator maka daya jerap iod semakin meningkat. Terjadi peningkatan daya jerap iod secara signifikan pada konsentrasi HCl 0,5 – 1 M berkisar 566,789 – 896,287 mg/g. Namun, mengalami penurunan pada konsentrasi 1,5 M-2,5 M yaitu berkisar 738,369-711,279 mg/g hal ini dikarenakan, konsentrasi HCl yang terlalu tinggi justru dapat mengakibatkan pori pori karbon yang terbentuk menjadi rusak karena sifat korosif HCl yang dapat mengikis struktur karbon. Hal ini sesuai dengan penelitian dari (Oko dkk., 2021). Nilai daya jerap yang terbaik diperoleh pada konsentrasi aktivator 1 M sebesar 896,287 mg/g yaitu nilai yang paling tinggi yang sudah memenuhi standar (SNI 06-3730-1995) dimana batas minimum daya jerap iod sebesar 750 mg/g.

## SIMPULAN

Pembuatan karbon aktif dari ampas teh menggunakan proses karbonisasi variasi konsentrasi HCl diperoleh karbon aktif terbaik pada konsentrasi 1 M dengan nilai daya jerap iod 896,287 mg/g, kadar air 8,26 %, kadar abu 2,91 %, volatile matter 24,33 % dan fixed carbon 64,5 %. Kualitas karakteristik karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator asam klorida (HCl) yang dihasilkan mampu memenuhi standar. Hasil uji analisa kadar air dan kadar abu telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995, tetapi volatile matter dan daya jerap iod masih ada belum memenuhi standar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (n.d.). *Statistik Teh Indonesia*. 112.
- Bangun, T. A., Zaharah, T. A., & Shofiyani, A. (2016). Pembuatan arang aktif dari cangkang buah karet untuk adsorpsi ion besi(II) dalam larutan. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(3), 18–24.
- Baryatik, P. (2016). *Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi Sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Batik*. 58. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/78995>
- Dewan Teh Indonesia. (2018). *Dewan Teh Indonesia*. <https://indonesiateboard.org/>
- Meilianti, M. (2018). Karakteristik Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1146>
- Misran, E., Panjaitan, F., & Yanuar, F. M. (2016). Pemanfaatan Karbon Aktif dari Ampas Teh sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi β-Karoten yang Terkandung dalam Minyak Kelapa Sawit Mentah. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(2), 92–98. <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.5402>
- Nurrahman dkk., (2021). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Batubara Lignit. *Jurnal Daur Lingkungan*, 4(2), 44. <https://doi.org/10.33087/daurling.v4i2.86>
- Oko dkk., (2021). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Kopi. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses Dan Teknologi Tepat Guna*, 17(1), 15–21.
- Pinem, Y. (2015). Pemanfaatan Arang Aktif Sekam Padi (Oriza Sativa) Sebagai Adsorben Pada Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas. Universitas Sumatera Utara.
- Rustiah, W. O. (2016). Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Pada Karbon Aktif Ampas Teh Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb). *Jurnal Medika*, 1(2), 45–51. <https://doi.org/10.53861/jmed.v1i2.108>
- Setyarini, H. D., Apriani, M., & Cahyono, L. (2020). Karakterisasi Adsorben dari Ampas Teh Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 3(1), 156–159.