

# Pengaruh Temperatur Aktivasi Fisika Terhadap Daya Serap Iodium Karbon Aktif Berbahan Dasar Limbah Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Nur Khotimah<sup>1\*</sup>, Awaludin Martin<sup>1</sup>, Erman Taer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2</sup>Laboratorium Fisika Material dan Nanoteknologi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293

\*Corresponding author: [nurkhotimah052@gmail.com](mailto:nurkhotimah052@gmail.com)

## Abstract

*Polyethylene terephthalate (PET) is a type of plastic used in the manufacture of beverage bottles, food packaging, and various other products. A solution that is being developed to overcome these problems is the utilization of plastic waste as a base material for making activated carbon. Activated carbon is an adsorbent used in water filtration, gas purification, and waste treatment applications. Iodine absorption capacity is a very important parameter in determining the quality of an activated carbon as an adsorbent. The purpose of this study was to determine the effect of physical activation temperature on the value of iodine absorption on activated carbon PET. The method of this research is before physics activation, PET plastic is carbonized first at 400°C and holding time for 240 minutes. Then physically activated at temperature variations of 800°C and 850°C with a holding time of 120, 180 and 240 minutes. The results of activated carbon PET in this study produced the most optimum iodine absorption in the activated carbon method activated at 800°C for 240 minutes, which amounted to 895.78 mg/g. These results have met the standard of activated carbon SNI 06-3703-1995 which is at least 750 mg/g.*

**Keywords:** *activated carbon, polyethylene terephthalate plastic, iodine adsorption.*

## Abstrak

*Polyethylene terephthalate (PET) adalah jenis plastik yang digunakan dalam pembuatan botol minuman, kemasan makanan, dan berbagai produk lainnya. Solusi yang sedang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif. Karbon aktif adalah adsorben yang digunakan dalam aplikasi filtrasi air, pemurnian gas, dan pengolahan limbah. Daya serap Iodium (DSI) merupakan parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif sebagai adsorben. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh temperatur aktivasi fisika terhadap nilai daya serap Iodium pada karbon aktif PET. Metode penelitian ini adalah sebelum diaktivasi fisika, plastik PET dikarbonisasi terlebih dahulu pada temperatur 400°C dan waktu tahan selama 240 menit. Kemudian diaktivasi fisika pada variasi temperatur 800°C dan 850°C dengan waktu tahan selama 120, 180 dan 240 menit. Hasil karbon aktif PET pada penelitian ini menghasilkan daya serap Iodium paling optimum pada metode karbon aktif yang diaktivasi pada temperatur 800°C selama 240 menit yaitu sebesar 895,78 mg/g. Hasil tersebut telah memenuhi standar arang aktif SNI 06-3703-1995 yakni minimal 750 mg/g.*

**Kata kunci:** *karbon aktif, plastik polyethylene terephthalate, daya serap iodium.*

## 1. Pendahuluan

Plastik menjadi material penting dalam berbagai bidang dan aplikasi karena sifatnya yang ringan, insulator panas dan listrik, serta proses pengolahannya yang mudah dan murah. Plastik adalah jenis polimer yang dibuat melalui proses polimerisasi [1]. Kemajuan peradaban manusia menuntut pada kehidupan yang serba praktis dan cepat. Sejak ditemukannya bahan plastik telah

menunjang kehidupan manusia dalam segala hal. Secara umum, plastik memiliki sifat-sifat seperti densitas yang rendah, isolasi terhadap listrik, kekuatan mekanik yang bervariasi, tahan panas, dan tahan terhadap bahan kimia [2].

Keunggulan plastik yang begitu banyak, maka penggunaannya pun juga meningkat. Namun selama penggunaan plastik berlangsung ditemukannya pertumbuhan penggunaan plastik yang

tidak sebanding dengan pengolahannya. Sehingga timbulah penumpukan plastik yang tidak terpakai dan menjadi limbah. Sampah plastik menjadi permasalahan hampir diseluruh negara bahkan di lautan bebas sering ditemukan sampah plastik. Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan keanekaragaman alam yang luar biasa, menghadapi tantangan serius dalam mengelola permasalahan sampah plastik [3]. Pertumbuhan ekonomi yang pesat, urbanisasi, dan perubahan gaya hidup masyarakat telah menyebabkan peningkatan konsumsi plastik yang signifikan [4]. Sayangnya, manajemen sampah yang belum optimal dan kurangnya kesadaran lingkungan menyebabkan masalah serius terkait sampah plastik di Indonesia.

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan 18,08 juta ton timbulan sampah pada tahun 2023 dan sekitar 19,39% atau 3,5 juta ton disumbang oleh sampah plastik [5]. Sampah plastik merupakan salah satu penyumbang utama pencemaran lingkungan di berbagai ekosistem, termasuk laut, sungai, dan tanah [6]. Dampaknya meluas ke berbagai aspek kehidupan, seperti kesehatan masyarakat, ekosistem laut, dan keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, upaya penanganan sampah plastik menjadi suatu keharusan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan melindungi kesehatan generasi mendatang.

Salah satu solusi yang sedang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan sampah plastik adalah pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku untuk menghasilkan karbon aktif. Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung karbon melalui beberapa tahapan proses sehingga memiliki sifat khusus dan permukaan yang aktif pada penggunaannya. Rata-rata luas permukaan karbon aktif adalah 300-2000 m<sup>2</sup>/gr. Luas permukaan karbon aktif memiliki struktur

pori-pori yang menyebabkan karbon aktif memiliki kemampuan untuk menyerap. Proses penyerapan tersebut dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar ion atau molekul antara dua fasa, dan dengan melewati proses oksidasi bisa menghilangkan bahan yang telah terlarut dengan mengubah sifat permukaan partikel [7].

Karbon aktif adalah material yang memiliki struktur pori-pori mikroskopis dan luas permukaan yang tinggi, membuatnya sangat efektif dalam menyerap zat-zat kimia dan polutan dari lingkungan [8]. Transformasi sampah plastik menjadi karbon aktif tidak hanya dapat membantu mengurangi dampak sampah plastik terhadap lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah dengan menciptakan produk yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.

Plastik sebagai salah satu inovasi revolusioner dalam dunia material, telah membawa dampak besar terhadap kehidupan sehari-hari. Namun, dampak negatifnya terhadap lingkungan menjadi semakin nyata seiring dengan peningkatan produksi dan penggunaan plastik, terutama plastik dari jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET). PET adalah jenis plastik yang umum digunakan dalam pembuatan botol minuman, kemasan makanan, dan berbagai produk konsumen lainnya. Plastik seperti PET, memiliki komposisi kimia yang mengandung unsur karbon [9]. Proses termal, seperti karbonisasi dan aktivasi, dapat memecah rantai karbon dalam plastik dan menghasilkan struktur karbon yang memiliki sifat adsorpsi sehingga dapat digunakan sebagai adsorben [10].

Karbon aktif yang dihasilkan dari bahan dasar yang mengandung karbon, baik yang berasal dari limbah organik maupun anorganik [11], menunjukkan potensi sebagai bahan bakar alternatif. Pengembangan karbon aktif sebagai alternatif energi terbarukan menawarkan potensi untuk mengurangi dampak negatif

energi fosil, mengurangi emisi karbon dioksida yang mendorong terjadinya pemanasan global [12], serta mempromosikan keberlanjutan dan mendukung peralihan menuju sumber daya energi yang lebih bersih. Karbon aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi merupakan proses pengurangan dalam ruangan tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya, sedangkan aktivasi diperlukan untuk mengubah hasil karbonisasi menjadi adsorben yang memiliki luas permukaan yang besar [13]. Aktivasi adalah perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika atau kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi [14].

Daya serap karbon aktif merupakan suatu akumulasi atau terkonsentrasinya komponen di permukaan/antar muka dalam dua fasa. Bila ke dua fasa saling berinteraksi, maka akan terbentuk suatu fasa baru yang berbeda dengan masing-masing fasa sebelumnya. Hal ini disebabkan karena adanya gaya tarik-menarik antar molekul, ion atau atom dalam ke dua fasa tersebut. Gaya tarik-menarik ini dikenal sebagai gaya *Van der Waals*. Pada kondisi tertentu, atom, ion atau molekul dalam daerah antar muka mengalami ketidak seimbangan gaya, sehingga mampu menarik molekul lain sampai keseimbangan gaya tercapai [15].

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya serap karbon aktif, yaitu sifat arang aktif, sifat komponen yang diserapnya, sifat larutan dan sistem kontak. Daya serap karbon aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan atau gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya [16]. Sifat karbon aktif sendiri selain dipengaruhi oleh jenis bahan baku, luas permukaan, penyebaran pori dan sifat kimia permukaan arang aktif, namun

juga dipengaruhi oleh cara aktivasi yang digunakan [17]. Pada prinsipnya proses aktivasi suatu karbon aktif dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu aktivasi secara fisika dan aktivasi secara kimia. Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Kualitas Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995 [18]

Uraian	Persyaratan Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Daya Serap Iodium (mg/g)	Min. 650	Min. 750

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur aktivasi fisika terhadap daya serap Iodium pada karbon aktif berbahan dasar limbah plastik *polyethylene terephthalate* (PET).

## 2. Metode Penelitian

Penting untuk mencari solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk mengelola limbah plastik *polyethylene terephthalate* (PET). Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan limbah plastik tersebut dalam pembuatan karbon aktif. Pada penelitian ini karbon aktif diproduksi dengan bahan dasar limbah plastik PET dengan menggunakan aktivasi fisika dimana gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) digunakan sebagai *activating agent*, sebelum proses aktivasi dilakukan, terlebih dahulu dilakukan proses karbonisasi dengan mengalirkan gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) sebagai *inert gas*. Pembuatan karbon aktif dari limbah plastik PET dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan Nanoteknologi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.

### 2.1 Produksi Karbon Aktif

#### Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *laboratory furnace payuntech* ditampilkan seperti pada Gambar 1 yang digunakan sebagai tempat perlakuan panas pada plastik PET pada proses karbonisasi dan aktivasi fisika,

kemudian alat yg digunakan oven, gas N<sub>2</sub>, gas CO<sub>2</sub>, *flowrate gas*, timbangan digital, mortar, gelas *beaker*, batang pengaduk, ayakan mesh 40. Bahan yang digunakan adalah plastik *polyethylene terephthalate* (PET) yang telah dicacah.



Gambar 1. *Furnace*

### Prosedur produksi karbon aktif

Proses awal produksi karbon aktif adalah limbah plastik PET dibersihkan dan dipotong/dicacah menjadi ukuran lebih kecil. Kemudian plastik PET dikarbonisasi pada temperatur 400°C selama 240 menit. Plastik PET yang telah dikarbonisasi selanjutnya diaktivasi fisika pada temperatur 800°C dan 850°C dengan waktu tahan aktivasi selama 120, 180 dan 240 menit. Setelah proses aktivasi, plastik PET ditimbang untuk mengetahui kekurangan berat yang diakibatkan pada proses tersebut. Selanjutnya karbon aktif digerus dengan mortar lalu diayak agar memiliki ukuran yang seragam. Karbon aktif yang telah diproduksi selanjutnya dikarakterisasi untuk mengetahui daya serap Iodium.

## 2.2 Uji daya serap Iodium

Karakterisasi karbon aktif dilakukan dengan metode bilangan Iodium dengan konsep mengukur kekuatan adsorpsi karbon aktif dalam larutan Iodium. Iodium yang tidak terserap pada karbon aktif akan dititrasi dengan menggunakan Natrium Tiosulfat (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) hingga larutan berubah warna menjadi kuning pucat, kemudian larutan diberi indikator yang akan berubah warna kembali menjadi hitam dan ulangi proses titrasi hingga warnanya menjadi transparan. Semakin sedikit Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan maka semakin besar pula daya adsorpsi karbon aktifnya. Persamaan untuk menghitung bilangan Iodium adalah sebagai berikut [19].

$$DSI = \frac{\left( \text{Vol Filtrat} - \frac{T \times C_1}{C_2} \right) \times WI \times Fp}{\text{Berat sampel}} \quad (1)$$

Keterangan:

DSI = Daya serap Iodium (mg/g)

ml sampel = Volume filtrat (mL)

T = Volume Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mL)

C<sub>1</sub> = Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (N)

C<sub>2</sub> = Iodium (N)

W<sub>I</sub> = Jumlah Iod Sesuai 1 mL Larutan Natrium Thiosulfat (12,693 mg/mL)

Fp = Faktor pengencer

## 3. Hasil dan Pembahasan

Tujuan pengujian daya serap Iodium adalah untuk mengetahui jumlah Iod (milligram) yang terserap oleh 1 g karbon menggunakan kondisi tes [20]. Uji Iod mewakili molekul-molekul kecil dan zat-zat dalam fase cair yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif.

Beberapa penelitian terkait telah dilakukan sebelumnya untuk mengetahui daya serap karbon aktif seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 yang menguraikan beberapa penelitian dengan berbagai perlakuan seperti variasi temperatur dan aktivasi.

Tabel 2. Daya Serap Iodium Karbon Aktif Berbahan Dasar PET

Bahan dasar	Aktivasi	DSI (mg/g)	Referensi
PET	Karbonisasi: 480°C selama 2 jam Kimia: KOH 4 M Fisika: 750°C selama 2 jam	980,17	[10]
PET	Karbonisasi: 400°C selama 2 jam Fisika: 975°C selama 1 jam	799,7	[19]
PET	Karbonisasi: 500°C selama 2 jam Kimia: K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Fisika: 800°C selama 2 jam	625	[21]
PET	Karbonisasi: 925°C selama 2 jam Fisika: 925°C selama 72 jam	290,02	[22]
PET	Karbonisasi: 700°C selama 2 jam Kimia: KOH	57,65	[23]

Berdasarkan tabel di atas bahwa penelitian tersebut melakukan berbagai perlakuan terhadap proses pembuatan karbon aktif berbahan dasar plastik PET. Secara umum pembuatan karbon aktif dapat dilakukan dengan proses karbonisasi dan aktivasi fisika maupun kimia atau gabungan antara kimia-fisika [14]. Proses aktivasi kimia dikenal sebagai proses satu langkah, karena karbonisasi dan aktivasi berjalan secara bersamaan. Sedangkan aktivasi fisika merupakan proses dua tahap, karbonisasi dan aktivasi dilakukan dalam tahapan proses yang berbeda. Setelah tahap karbonisasi, karbon yang dihasilkan diaktivasi menggunakan gas pengoksidasi yang akan membentuk karbon aktif dengan luas permukaan dan struktur pori yang kompleks. Aktivasi gabungan kimia-fisika merupakan kombinasi antara aktivasi kimia dan fisika yang dilakukan dalam beberapa tahapan yang membuat proses lebih lama.

Pada penelitian ini karbon aktif yang diproduksi dari bahan dasar plastik PET ditampilkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Karbon Aktif Plastik PET

Kemudian hasil yang diperoleh dari pengujian daya serap Iodium (DSI) karbon aktif pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Daya Serap Iodium

Sampel	Aktivasi Fisika		DSI (mg/g)
	T (°C)	Waktu (menit)	
1	850	240	823,71
2	850	180	861,51
3	850	120	873,22
4	800	240	895,78
5	800	180	811,60
6	800	120	822,32

Dari hasil penelitian bahwa bilangan Iodium karbon aktif sangat dipengaruhi oleh temperatur dan waktu tahan aktivasi. Daya serap Iodium karbon aktif maksimal terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi pada temperatur 800°C dan ditahan selama 240 menit yaitu sebesar 895,78 mg/g. Sedangkan daya serap Iodium minimal terdapat pada temperatur 800°C yang ditahan selama 120 menit yaitu sebesar 822,32 mg/g. Daya serap Iodium yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi SNI 06-3703-1995 karbon aktif yaitu minimal 750 mg/g.

Tingginya nilai daya serap Iodium menunjukkan semakin besar luas permukaan pori-pori dari karbon aktif. Rendahnya nilai daya serap Iod yang rendah diakibatkan terjadinya kerusakan atau runtuhnya dinding pori-pori karbon. Karena semakin luas

permukaan pori, semakin besar kemampuan pori untuk menyerap gas atau cairan. Hal ini sesuai dengan teori kinetika reaksi yang menyatakan semakin luas permukaan pori, maka semakin cepat reaksi atau semakin banyak gas atau cairan yang terserap [24].

Luas area permukaan pori merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif sebagai adsorben. Hal ini disebabkan karena luas area permukaan pori merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Kereaktifan dari karbon aktif dapat dilihat dari kemampuannya mengadsorpsi substrat. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka Iodium yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi Iodium.

#### 4. Kesimpulan

Karbon aktif dapat diproduksi dari bahan dasar plastik *polyethylene terephthalate* (PET) yang diproses dengan cara karbonisasi dan aktivasi fisika. Karbon aktif yang dihasilkan dari penelitian ini cukup baik dan memenuhi standar SNI 06-3703-1995 karbon aktif. Hasil pengujian daya serap Iodium karbon aktif paling optimum diperoleh pada karbon aktif yang diaktivasi pada temperatur 800°C selama 240 menit yaitu sebesar 895,78 mg/g. Hasil daya serap Iodium tersebut merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif sebagai adsorben. Semakin besar nilai angka Iodium menunjukkan semakin besar pula luas permukaan dan daya adsorpsi dari karbon aktif.

#### Referensi

- [1] Rosyidi, P.A., Ningrum, E.O., 2021. Identifikasi Polimer Tekstil. *Jurnal Teknologi Rekayasa Proses* 1(1).
- [2] Nuryosuwito., Rosydi, M.A.I., Istiqlaliyah, H., 2021. Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis HDPE Menjadi

- Bahan Bakar Alternatif Proses Pyrolysis. *Jurnal Mesin Nusantara* 3(2): 92–101, Doi: 10.29407/jmn.v3i2.15573.
- [3] Feriansyah, W., Permana, H.J., Faqih, R.A.S., Ridwan, M., Lomo, P.W., 2024. Analisis Dampak Impor Sampah Plastik dari Amerika terhadap Masyarakat dan Lingkungan Hidup di Indonesia Ditinjau dalam Pasal 29 Ayat 1 Huruf A dan B UU 18. *Indonesian Journal of Law and Justice* 1(3): 13, Doi: 10.47134/ijlj.v1i3.2114.
- [4] Wikurendra, E.A., Csonka, A., Nagy, I., Nurika, G., 2024. Urbanization and Benefit of Integration Circular Economy into Waste Management in Indonesia: A Review. *Circular Economy and Sustainability*, Doi: 10.1007/s43615-024-00346-w.
- [5] KLHK., 2022. Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah. Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. [accessed November 14, 2023].
- [6] Malihah, L., Nazairin, A., 2024. Sampah Plastik Sachet Dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan. *YUME: Journal of Management* 7(1): 198–210, Doi: 10.37531/yum.v7i1.6312.
- [7] Purnamawati, N., Novrianti., Husbani, A., Melysa, R., Mashitta, N., 2023. Uji Kualitas Sintesis Karbon Aktif dari Pelepeh Aren Teraktivasi Asam Fosfat. *Journal of Research and Education Chemistry (JREC)* 5(2): 120–9, Doi: 10.25299/jrec.2023.vol5(2).15225.
- [8] Khotimah, N., 2023. Karbon Aktif Berbahan Dasar Limbah Biomassa pada Aplikasi Penyerapan CO<sub>2</sub> (Carbon Capture): Review. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-9* 9(1): 70–7.
- [9] Anom, I.D.K., Lombok, J.Z., 2020. Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Kantong Plastik

- sebagai Bahan Bakar Bensin. *Fullerene Journal of Chemistry* 5(2): 96–101, Doi: 10.37033/fjc.v5i2.206.
- [10] Oko, S., Kurniawan, A., Norfitria, L., 2021. Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Plastik PET (Polyethylene terephthalate) Menggunakan Aktivator KOH 17(2): 61–8, Doi: 10.14710/metana.v17i2.40204.
- [11] Winata, B.Y., Erliyanti, N.K., Yogaswara, R.R., Saputro, E.A., 2021. Pra Perancangan Pabrik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Proses Aktifasi Kimia pada Kapasitas 20.000 ton/tahun. *Jurnal Teknik ITS* 9(2): 1–5, Doi: 10.12962/j23373539.v9i2.52338.
- [12] Khotimah, N., Martin, A., 2023. Analisis Teoritis Perhitungan High Heating Value (HHV) Bio-Coal Berbahan Dasar Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro* 12(02): 230–8, Doi: 10.24127/trb.v12i2.2698.
- [13] A, I.F., Rizki, P.S., 2023. Pengaruh Karbon Aktif dari Kulit Pisang Tanduk Terhadap Limbah Cair Tahu Menggunakan Parameter pH, COD (Chemical Oxygen Demand), DO (Disolved Oxygen) & Chlorida. *Journal of Innovation Research and Knowledge* 2(10): 4249–62, Doi: 10.53625/jirk.v2i10.5465.
- [14] Ramadhani, L.F., Imaya M. Nurjannah., Ratna Yulistiani., Erwan A. Saputro., 2020. Review: teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia* 26(2): 42–53, Doi: 10.36706/jtk.v26i2.518.
- [15] Sari, M.I., Markasiwi, M.G., Putri, R.W., 2021. Uji Karakteristik Fisik Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Daun Nanas (Ananas Comosus) Menggunakan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *Jurnal Teknik Patra Akademika* 12(2).
- [16] Ambarwati, Y., Syarifah, N.P., Widodo, L.U., 2019. Pemanfaatan Limbah Batang Ubi Kayu sebagai Arang Aktif serta Pengaruh Aktivator HCl dan Waktu Aktivasi Terhadap Mutu Arang Aktif. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management* 14(2).
- [17] Diharyo., Salampak., Damanik, Z., Gumiri, S., 2020. Pengaruh Lama Aktifasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan Ukuran Butir Arang Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Ukuran Pori dan Luas Permukaan Butir Arang Aktif. In *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah* 5(1): 48–54.
- [18] SNI., 1995. SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis.
- [19] Yuliusman., Nasruddin., Sanal, A., Bernama, A., Haris, F., Ramadhan, I.T., 2017. Preparation of activated carbon from waste plastics polyethylene terephthalate as adsorbent in natural gas storage. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 176, Doi: 10.1088/1757-899X/176/1/012055.
- [20] Du, C., Liu, B., Hu, J., Li, H., 2021. Determination of iodine number of activated carbon by the method of ultraviolet–visible spectroscopy. *Materials Letters* 285: 129137, Doi: 10.1016/j.matlet.2020.129137.
- [21] Castro, C.S. de., Viau, L.N., Andrade, J.T., Mendonçac, T.A.P., Gonçalves, M., 2018. Mesoporous activated carbon from polyethyleneterephthalate (PET) waste: pollutant adsorption in aqueous solution. *New Journal Chemistry* 42: 14612–9, Doi: 10.1039/C8NJ02715C.
- [22] Moura, P.A.S., Garcia, E.V., Maia, D.A.S., Neto, M.B., Ania, C.O., Parra, J.B., et al., 2018. Assessing the potential of nanoporous carbon adsorbents from polyethylene terephthalate (PET) to separate - CO<sub>2</sub> from flue gas. *Adsorption*, Doi:

- 10.1007/s10450-018-9943-4.
- [23] Kaur, B., Gupta, R.K., Bhunia, H., 2019. Chemically activated nanoporous carbon adsorbents from waste plastic for CO<sub>2</sub> capture: Breakthrough adsorption study. *Microporous and Mesoporous Materials* 282: 146–58, Doi: 10.1016/j.micromeso.2019.03.025.
- [24] Purnamawati, N., Novrianti., Husbani, A., Melysa, R., Mashitta, N., 2023. Uji Kualitas Sintesis Karbon Aktif dari Pelepah Aren Teraktivasi Asam Fosfat. *Journal of Research and Education Chemistry (JREC)* 5(2), Doi: 10.25299/jrec.2023.vol5(2).15225.