



Sintesis Arang Aktif Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Aktivator Asam Fosfat

Antonius Jumadi Sihotang

Politeknik Kampar, Indonesia

Alamat : Jl. Tengku Muhammad KM. 2 Batu Belah, Kampar, Riau

Korespondensi penulis: antonius.jumadi@gmail.com

Abstract. *Indonesia is the largest palm oil producing country in the world. Every ton of processed oil palm fruit yields approximately 230 kg of empty fruit bunches (EFB). Currently, only about 10% of the EFB generated by the palm oil industry is utilized, while the rest remains as waste. This has prompted researchers to explore ways to optimize its use, one of which is converting EFB into activated charcoal.. The aim of this study is to examine the effect of phosphoric acid concentration on the quality of activated charcoal made from EFB. The research consists of two main processes: the carbonization of EFB and the activation of the resulting charcoal using phosphoric acid as an activating agent. The concentrations of phosphoric acid used for activation were 6M, 7M, 8M, 9M, and 10M.. Based on the results, the activated charcoal produced at all acid concentrations met the Indonesian National Standard (SNI 06-3730-06). The best quality activated charcoal was obtained using 10M phosphoric acid, with quality parameters including a moisture content of 7.76%, ash content of 6.55%, and an iodine adsorption capacity of 1,011.60 mg/g.*

Keywords : Activated Charcoal, Phosphoric Acid, Empty Fruit Bunch.

Abstrak. Indonesia adalah negara terbesar di dunia dalam produksi minyak kelapa sawit.. Setiap ton buah kelapa sawit yang diproses akan menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 230 kg. Namun, dari total TKKS yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit, hanya sekitar 10% yang dimanfaatkan, sedangkan sisanya masih berupa limbah. Hal ini mendorong para peneliti untuk memaksimalkan manfaat TKKS, salah satunya adalah dengan mengubahnya menjadi arang aktif. Tujuan dari penelitian ini untuk untuk mengkaji pengaruh tingkat kepekatan asam fosfat terhadap mutu arang aktif berbahan baku TKKS. Penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu proses karbonisasi TKKS dan proses aktivasi arang menggunakan asam fosfat. Variasi konsentrasi larutan asam fosfat yang digunakan untuk aktivasi terdiri dari 6M, 7M, 8M, 9M dan 10M. Hasil akhir dari penelitian ini mengungkap bahwa arang aktif yang dihasilkan dari seluruh variasi telah sesuai standar SNI 06-3730-06. Arang aktif terbaik dihasilkan melalui proses aktivasi menggunakan asam fosfat 10M dengan kadar air sebesar 7,76%, kadar abu 6,55%, dan daya serap iodin 1. 011,60 mg/g.

Kata kunci : Arang Aktif, Asam Fosfat, Tandan Kosong Kelapa Sawit.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia menempati posisi sebagai produsen utama minyak kelapa sawit di dunia dengan total produksi mencapai 46,99 juta ton (BPS, 2023). Dalam setiap proses pengolahan satu ton tandan buah segar (TBS), dihasilkan sekitar 230 kilogram tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Namun, hanya sekitar 10% dari jumlah tersebut yang telah dimanfaatkan, sementara sisanya masih menjadi limbah (Maghfira, 2021). Kondisi ini mendorong berbagai penelitian untuk mengembangkan potensi pemanfaatan TKKS, salah satunya sebagai bahan dasar adsorben seperti arang aktif yang berasal dari limbah pertanian.

TKKS memiliki peluang besar untuk dimanfaatkan menjadi produk yang lebih bernilai guna, seperti arang aktif (Yustinah *et al.*, 2017). Penggunaan limbah pertanian seperti TKKS sebagai bahan pembuat arang aktif tidak hanya berbiaya rendah, tetapi juga mendukung upaya pelestarian lingkungan. Dalam pemilihannya, bahan baku untuk pembuatan arang aktif

idealnya memiliki kriteria tertentu, seperti ketersediaannya yang melimpah dan mudah diakses, daya serap yang tinggi, serta kemudahan dalam proses aktivasi (Maulinda *et al.*, 2015).

Proses aktivasi merupakan salah satu tahapan krusial dalam pembuatan arang aktif. Aktivasi bertujuan untuk memperbesar ukuran pori-pori dengan cara memutuskan ikatan hidrokarbon. Reaksi oksidasi yang terjadi pada permukaan karbon dapat mengubah sifat fisik dan kimia material tersebut, sehingga meningkatkan reaktivitas dan kemampuannya dalam menyerap zat tertentu (Mumpuni *et al.*, 2021).

Dua teknik utama untuk mengaktifkan arang adalah secara kimia menggunakan senyawa tertentu dan secara fisik dengan cara memanaskannya pada suhu tinggi. Asam fosfat merupakan salah satu agen aktivator yang paling sering digunakan di antara sekian banyak senyawa. Efisiensi waktu dan produksi arang aktif dengan kapasitas penyerapan yang lebih besar merupakan dua manfaat aktivasi kimia. Dengan adanya penelitian ini maka dapat dilakukan identifikasi untuk mengetahui tingkat kepekatan asam fosfat yang paling efektif dalam proses aktivasi arang yang menggunakan bahan baku TKKS.

2. KAJIAN TEORITIS

Arang aktif merupakan bentuk karbon yang telah melalui proses aktivasi, yang menyebabkan terbukanya pori-pori dan meningkatnya daya serap dibandingkan dengan arang biasa. Material ini tergolong sebagai karbon amorf, yang sebagian besar tersusun atas atom karbon bebas dan memiliki luas permukaan internal yang besar, sehingga menjadikannya sangat efektif sebagai penyerap (Novia *et al.*, 2020). Berbagai limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar adsorben, seperti ampas tebu, jerami , limbah hasil panen jagung (tongkol) , sekam padi, bungkil kedelai dan salah satunya adalah limbah pengolahan buah sawit (TKKS) (Adam, 2017).

Aktivasi merupakan proses perubahan fisik yang menyebabkan peningkatan jumlah pori pada permukaan arang, akibat terlepasnya senyawa hidrokarbon dari struktur karbon. Proses ini membuka pori-pori dalam struktur material, sehingga meningkatkan kemampuan adsorbsinya terhadap zat dalam bentuk cair maupun gas (Aisyah, 2016). Penggunaan agen aktivator sangat krusial dalam proses aktivasi arang yang mengandung komponen lignoselulosa, selulosa, dan hemiselulosa (Adinata, 2013). Untuk menghasilkan arang aktif dengan luas permukaan dan jumlah pori yang optimal, diperlukan metode aktivasi yang tepat.

Asam fosfat (H_3PO_4), yang juga dikenal sebagai asam ortofosfat atau fosfat, merupakan senyawa anorganik dengan rumus kimia H_3PO_4 dan berkarakter kovalen polar karena ikatan

antar komponennya. Arang, yang tersusun dari atom karbon dengan struktur segi enam berikatan kovalen, memiliki kecenderungan untuk berinteraksi dengan senyawa lain yang juga bersifat kovalen. Oleh karena itu, asam fosfat dapat berinteraksi secara efektif dengan struktur arang (Koleangan dan Wuntu, 2008).

Menurut Turmuzi (2015), dalam produksi arang aktif dari bahan lignoselulosa, penggunaan aktivator yang bersifat asam lebih dianjurkan dibandingkan aktivator basa. Hal ini dikarenakan senyawa asam mampu bereaksi dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen, yang umum ditemukan dalam lignoselulosa yang kaya akan kandungan oksigen.

Penelitian oleh Ningsih *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa tingkat kepekatan asam fosfat dalam proses aktivasi memiliki dampak terhadap kemampuan arang aktif dalam menyerap iodine. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Mumpuni (2021), yang menggunakan TKKS sebagai bahan baku arang aktif dan menemukan bahwa peningkatan konsentrasi asam fosfat justru menurunkan kapasitas penyerapan iodine. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan asam fosfat dengan konsentrasi lebih rendah sebagai aktivator dalam proses pembuatan arang aktif dari tandan kosong kelapa sawit.

3. METODE PENELITIAN

a). Waktu dan Tempat

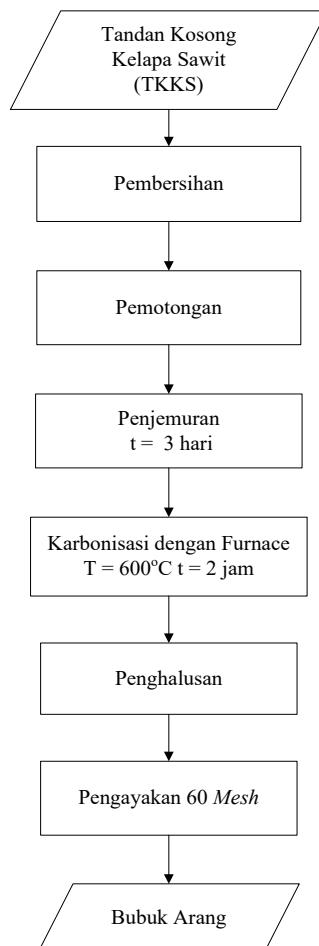
Penelitian mengenai arang aktif ini dilaksanakan pada bulan Oktober – Desember 2024 di Laboratorium Terpadu Teknik Pengolahan Sawit Politeknik Kampar

b). Preparasi Bahan Baku TKKS

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang telah dipersiapkan terlebih dahulu dibersihkan dari berbagai kotoran yang tidak diinginkan, kemudian dipotong mengikuti jumlah spikelet yang terdapat pada tandan. Potongan-potongan kecil tersebut selanjutnya dikeringkan (dijemur) selama tiga hari guna menurunkan kadar air. Setelah proses pengeringan, TKKS dipotong kembali hingga berukuran lebih halus, dengan panjang sekitar 0,5 cm.

c). Proses Karbonisasi

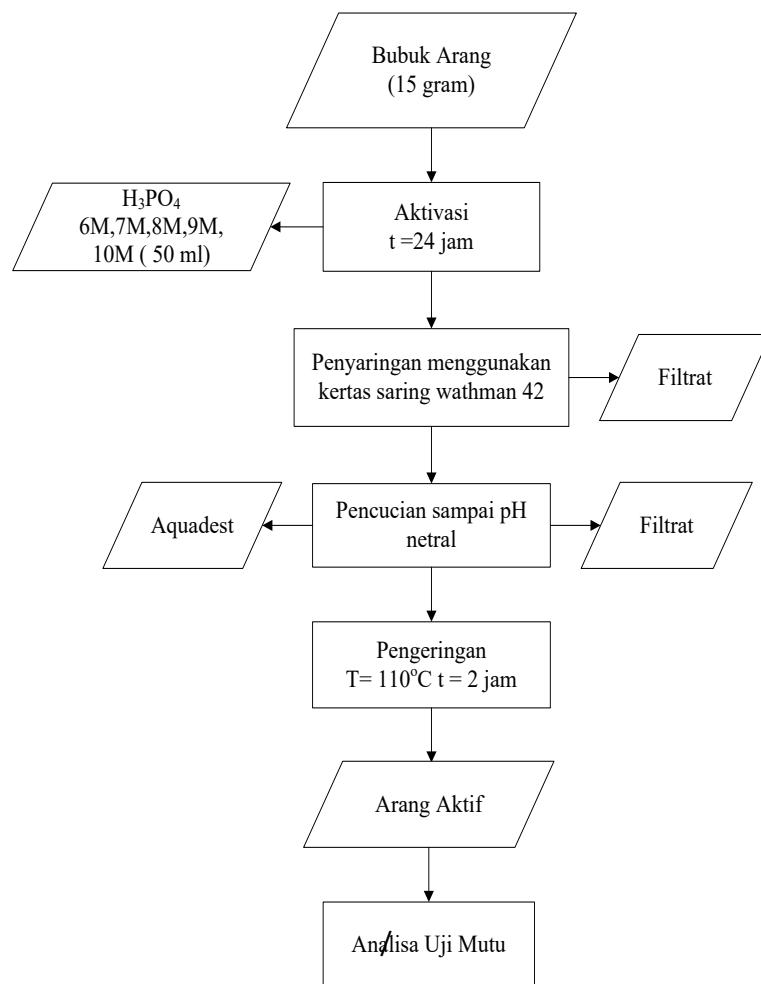
Bahan TKKS yang telah dihaluskan kemudian ditempatkan dalam cawan porselin dan dikarbonisasi menggunakan furnace pada suhu 600°C selama 120 menit sampai terbentuk arang. Arang hasil karbonisasi selanjutnya dihaluskan menggunakan mortar dan disaring dengan ayakan berukuran 60 mesh. Alur proses pembuatan arang dari TKKS secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Arang dari TKKS

d). Proses Aktivasi

Arang hasil karbonisasi kemudian direndam dalam larutan asam fosfat dengan variasi konsentrasi 6M, 7M, 8M, 9M, dan 10M selama 24 jam. Setelah proses perendaman, arang ditiriskan dalam saringan dan dicuci menggunakan air bebas mineral agar pH netral. Tahapan akhir dari proses aktivasi ini adalah pemanasan di dalam oven pada suhu 110°C selama 120 menit untuk menghilangkan kadar airnya. Diagram alir proses aktivasi ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses aktivasi arang dari TKKS

e). Uji Mutu Arang Aktif

Arang aktif dari TKKS yang telah diaktifkan kemudian diuji kualitasnya. Adapun parameter uji antara lain daya serap terhadap larutan iodine, kandungan air dan kandungan abu sesuai dengan standar uji arang aktif teknis (SNI) No. 06-3730-1995.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Karakteristik Bahan Baku

TKKS merupakan salah satu jenis limbah padat hasil pengolahan buah kelapa sawit menjadi CPO. TKKS memiliki potensi sebagai bahan dasar dalam pembuatan arang aktif, karena secara fisik tersusun atas berbagai jenis serat dengan kandungan utama berupa selulosa sekitar 45,95%, hemiselulosa sebesar 16,49%, dan lignin sebesar 22,84%. Kandungan tersebut, khususnya lignin, menjadikan TKKS efektif digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan limbah cair, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian oleh Kresnawaty *et al.*, (2018).

Sebelum memasuki tahap aktivasi, perlu dilakukan analisis awal terhadap karakteristik bahan baku berupa arang TKKS yang belum diaktifkan. Pengujian ini mencakup parameter kadar air, kadar abu, serta kemampuan penyerapan terhadap iodine. Arang yang diuji merupakan hasil dari proses penghalusan dan penyaringan menggunakan ayakan berukuran 60 mesh. Data hasil uji karakteristik arang sebelum aktivasi disajikan pada Tabel 1..

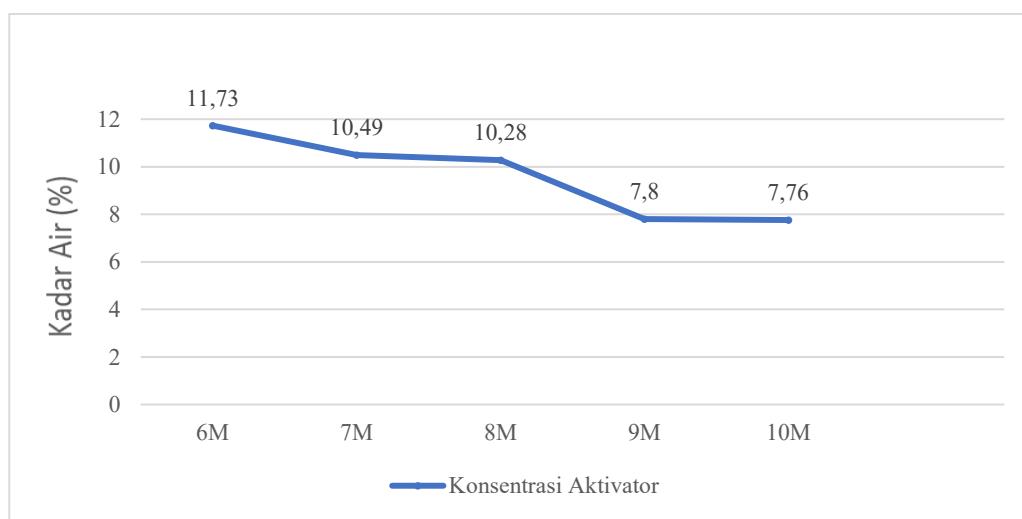
Tabel 1 Karakteristik Bahan Baku

No.	Parameter	Nilai	SNI
1.	Kadar Air	7, 26 %	15%
2.	Kadar Abu	7,90 %	10%
3.	Uji daya serap iod	718,08 mg/g	750 mg/g

Berdasarkan data tersebut, kadar air dan kadar abu dari arang TKKS yang belum diaktivasi telah sesuai dengan kriteria arang aktif menurut standar SNI 06-3739-1995. Namun demikian, nilai daya serap terhadap iodine masih berada di bawah ambang batas standar, sehingga diperlukan proses aktivasi lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya.

b). Kadar Air

Pengujian terhadap kadar air arang aktif bertujuan untuk mengevaluasi daya serap arang aktif terhadap kelembapan dari lingkungan sekitarnya. Rendahnya kadar air mencerminkan adanya jumlah pori yang cukup besar dalam struktur arang, sehingga mampu menyediakan ruang yang lebih optimal untuk penyerapan zat adsorbat. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara variasi konsentrasi asam fosfat sebagai aktivator dengan kadar air pada arang aktif yang dihasilkan..



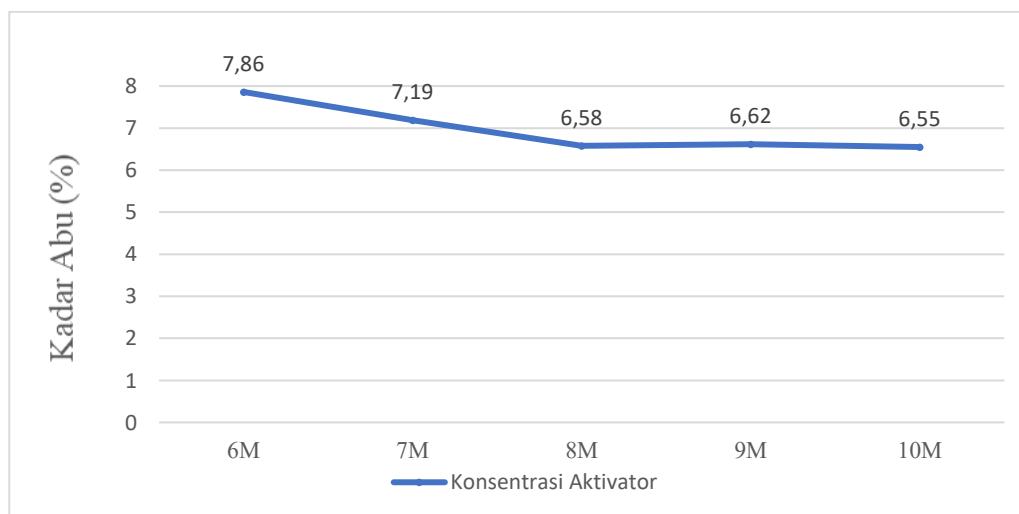
Gambar 3. Kadar Air

Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa peningkatan konsentrasi asam fosfat cenderung menurunkan kadar air dalam arang aktif. Arang aktif yang diaktivasi menggunakan asam fosfat dengan konsentrasi 6M menunjukkan kadar air tertinggi, yakni sebesar 11,73%,

sedangkan kadar air terendah dicapai pada konsentrasi 10M, yaitu sebesar 7,76%. Penurunan kadar air ini berkaitan dengan meningkatnya ukuran pori akibat reaksi aktivasi, yang memungkinkan molekul air lebih mudah terlepas selama proses pengeringan. Rendahnya kadar air menandakan kualitas arang aktif yang lebih baik, karena pori-pori yang tersedia lebih banyak untuk menyerap molekul dari larutan atau gas (Laos *et al.*, 2016). Secara keseluruhan, arang aktif memiliki kadar air yang telah sesuai dengan persyaratan mutu arang aktif teknis menurut standar SNI 06-3730-1995.

c). Kadar Abu

Adapun kadar abu dalam arang aktif muncul akibat terbentuknya senyawa mineral selama proses karbonisasi. Jika proses tersebut berlangsung terus-menerus, maka akan terbentuk partikel-partikel halus dari hasil oksidasi bahan mineral yang berasal dari biomassa. Aktivasi kimia, termasuk penggunaan larutan asam fosfat, berperan dalam melarutkan senyawa-senyawa sisa seperti abu, hidrokarbon, nitrogen, dan sulfur, sehingga dapat mengurangi kadar abu dalam arang aktif secara keseluruhan. Proses pencucian pasca-aktivasi turut berkontribusi dalam menghilangkan logam atau unsur mineral lainnya yang tersisa (Vivi, 2022). Gambar 4 menyajikan hubungan antara variasi konsentrasi aktivator dengan kadar abu yang diperoleh.



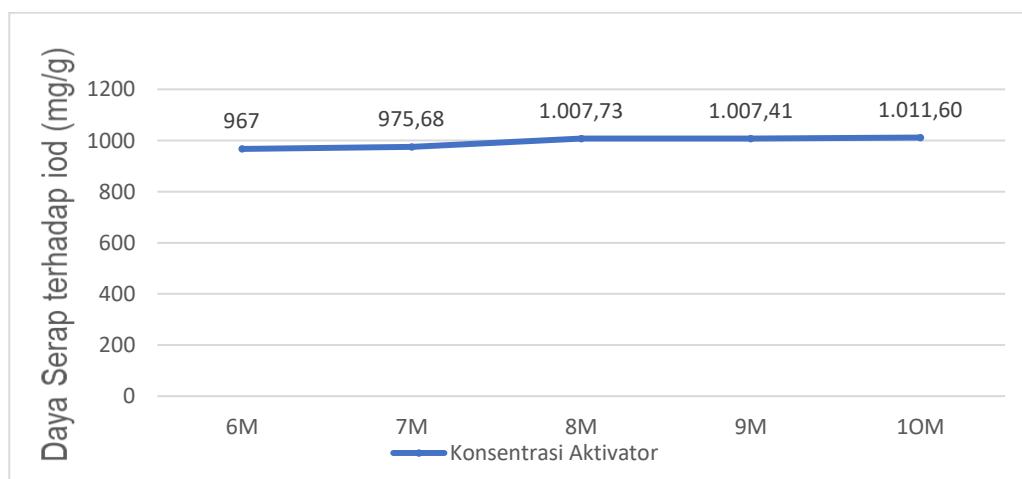
Gambar 4. Kadar Abu

Dari data di atas dapat dilihat bahwa kadar abu tertinggi terdapat pada arang aktif yang menggunakan asam fosfat 6M, yaitu sebesar 7,86%, sedangkan kadar terendah dicapai pada konsentrasi 10M, yakni sebesar 6,55%. Tingginya kadar abu pada konsentrasi rendah menunjukkan bahwa masih terdapat sisa-sisa mineral yang belum terlarut sempurna. Peningkatan konsentrasi aktivator menyebabkan pelarutan mineral berlangsung lebih optimal,

sehingga kadar abu dapat ditekan. Semua hasil kadar abu dari arang aktif dalam penelitian ini telah memenuhi ketentuan mutu yang tercantum dalam SNI 06-3730-1995..

d). Daya Adsorpsi Arang Aktif Terhadap Larutan Iodine

Daya serap arang aktif terhadap larutan iodin merupakan indikator utama untuk menilai kualitas adsorpsi dari material tersebut. Uji daya serap iodin bertujuan untuk mengukur sejauh mana arang aktif dapat mengadsorpsi senyawa berukuran molekul kecil, khususnya yang berukuran kurang dari 1 nanometer. Efisiensi kinerja arang aktif dalam proses adsorpsi sangat bergantung pada kemampuan permukaannya dalam menangkap molekul iodin. Semakin tinggi nilai penyerapan iodin, maka akan semakin tinggi pula daya arang aktif dalam menangkap molekul-molekul adsorbat. Hubungan antara konsentrasi asam fosfat dengan daya serap iodin ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Daya Serap Larutan Iodin

Data di atas menunjukkan bahwa nilai terendah daya serap terhadap larutan iodin diperoleh pada arang aktif dengan activator asam fosfat berkonsentrasi 6M, yakni sebesar 967,00 mg/g. Sebaliknya, nilai penyerapan tertinggi tercatat pada arang aktif dengan konsentrasi 10M, yakni 1.011,60 mg/g. Peningkatan daya serap ini sejalan dengan meningkatnya konsentrasi aktivator, yang berkontribusi dalam membuka pori-pori lebih besar serta meningkatkan luas permukaan arang aktif. Selama proses aktivasi, komponen mineral dalam larutan asam fosfat berinteraksi dengan struktur karbon dan membantu menghilangkan senyawa hidrokarbon, yang pada akhirnya menghasilkan arang dengan kemampuan adsorpsi lebih baik (Budiono, 2011).

Arang aktif dengan bilangan iodin yang tinggi mengindikasikan bahwa material tersebut memiliki struktur mikropori yang luas dan permukaan internal yang besar, yang sangat

mendukung proses penyerapan molekul. Secara keseluruhan, semua sampel arang aktif yang dihasilkan dari variasi konsentrasi aktivator dalam penelitian ini telah memenuhi syarat mutu arang aktif sesuai dengan SNI 06-3730-1995, yang menetapkan batas minimum daya serap terhadap iodin sebesar 750 mg/g.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap proses aktivasi arang aktif dari TKKS menggunakan variasi konsentrasi asam fosfat (H_3PO_4), dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi aktivator secara signifikan mempengaruhi mutu arang aktif. Semakin tinggi konsentrasi asam fosfat, maka kadar air dan kadar abu arang aktif cenderung menurun, yang menunjukkan kualitas fisik yang lebih baik. Selain itu, daya serap arang aktif terhadap larutan iodin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi aktivator, dengan nilai tertinggi diperoleh pada konsentrasi 10M, yakni sebesar 1.011,60 mg/g. Arang aktif yang dihasilkan dari seluruh variasi konsentrasi aktivator telah memenuhi syarat SNI 06-3730-1995. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam fosfat yang lebih tinggi memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan performa adsorpsi arang aktif dari TKKS.

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi parameter lain dalam proses aktivasi arang aktif dari TKKS, seperti waktu perendaman, suhu karbonisasi, dan rasio impregnasi, guna memperoleh efisiensi maksimum dalam menghasilkan arang aktif bermutu tinggi secara lebih ekonomis.

DAFTAR REFERENSI

- Adam, D. H. (2017). Kemampuan tandan kosong kelapa sawit sebagai adsorben untuk meregenerasi minyak jelantah. *Jurnal Edu Science*, 4(1), 8–11.
- Adinata, Mirsa, S. (2013). Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai karbon aktif [Skripsi, Fakultas Teknologi Industri, Surabaya].
- Agusta, D. (2012). Uji adsorpsi gas CO pada asap kendaraan dengan menggunakan karbon aktif dari arang tempurung kelapa yang terimpregnasi TiO_2 [Skripsi, Universitas Indonesia, Depok].
- Badan Pusat Statistik. (2024). Statistik kelapa sawit Indonesia 2023. <https://www.bps.go.id>
- Budiono. (2011). Pengaruh aktifasi arang tempurung kelapa dengan asam sulfat dan asam fosfat untuk adsorpsi fenol [Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang].

- Koleangan, H. S. J., & Wuntu, A. D. (2008). Kajian stabilitas termal dan karakter kovalen zat pengaktif pada arang aktif limbah gergajian kayu meranti (*Shorea spp*). *Jurnal Chemistry Progress*, 1, 43–46.
- Kresnawaty, I., Putra, S. M., Budiani, A., & Darmono, T. W. (2018). Konversi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi arang hayati dan asap cair. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14(3).
- Laos, L. E., & Selan, A. (2016). Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku karbon aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 1(1), 32–36.
- Maghfira, D. R. (2021). Karakterisasi serbuk tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan dasar karbon aktif [Skripsi, Universitas Nusa Bangsa, Bogor].
- Maulinda, L., Nasrul, Z., & Sari, D. N. (2015). Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku karbon aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11–19.
- Mumpuni, I. D., Maslahat, M., & Susanty, D. (2021). Activation of oil palm empty bunches with hydrochloride acid & phosphoric acid and characterization based on SNI No. 06-3730-1995. *Jurnal Sains Natural*, 11(1).
- Novia, Y. A., Hambali, E., Pari, G., & Suryani, A. (2020). Karakteristik arang aktif tandan kosong kelapa sawit yang dimperegansi logam nikel sebagai katalis. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 38(3), 129–138.
- Sirajuddin, V. A., & Harjanto. (2022). Karakteristik karbon aktif dari cangkang kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) dengan variasi jenis aktivator pada proses aktivasi kimia menggunakan gelombang ultrasonik. *Prosiding 6th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 115–120.
- Turmuzi, M., & Syaputra, A. (2015). Pengaruh suhu dalam pembuatan karbon aktif dari kulit salak (*Salacca edulis*) dengan impregnasi asam fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 42–46.
- Yustinah, Utomo, S., & Cardosh, S. R. (2017). Pengaruh waktu adsorpsi dalam proses pemurnian minyak goreng bekas menggunakan bioadsorben tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, November, 1–6.