



Fabrikasi dan Karakterisasi Tinta Bubuk dari Karbon Aktif Batang Kelapa Sawit untuk Aplikasi *Printer Laser*

Delovita Ginting^{1*}, Romi Fadli Syahputra², Viviana Lubis³, Adila Fitri Yani⁴ 

^{1,2,3} Program Studi Fisika, Universitas Muhammadiyah Riau, Pekanbaru, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received September 06, 2022

Revised September 10, 2022

Accepted April 20, 2023

Available online July 25, 2023

Kata Kunci:

Tinta Bubuk, Karbon Aktif, Batang Kelapa Sawit, Ferrite Powder, Styrene Acrylic

Keywords:

Ink Powder, Activated Carbon, Palm Rod, Ferrite Powder, Styrene Acrylic



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Tinta bubuk merupakan komponen utama dari proses pencetakan *printer laser*. Tinta bubuk pada dasarnya merupakan campuran pigmen atau pewarna, bubuk logam, dan polimer. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan batang kelapa sawit sebagai karbon aktif untuk zat pewarna pada tinta bubuk yang diaplikasikan pada *printer laser*. Proses pembuatan karbon aktif meliputi preparasi sampel, karbonisasi, aktivasi kimia, dan aktivasi fisika. Karbon aktif dilakukan pengujian kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan uji distribusi partikel size. Pembuatan tinta bubuk pada penelitian ini terdiri dari karbon aktif (sebagai zat pewarna), *ferrite powder* (zat logam), dan *styrene acrylic* (polimer). Penelitian ini menggunakan perbandingan karbon aktif dan *ferrite powder* 4 : 1. Penelitian ini ingin melihat kualitas dari tinta bubuk dengan menggunakan pewarna karbon aktif batang kelapa sawit dengan memvariasikan jumlah *styrene acrylic*. Jumlah variasi *styrene acrylic* yang ditambahkan pada pembuatan tinta bubuk yaitu TB1 (48:12:40), TB2 (40:10:50), dan TB3 (32:8:60). Tinta bubuk dilakukan pengujian distribusi partikel size, uji SEM, analisis citra, dan kualitas cetak menggunakan *printer laser*. Hasil penelitian karbon aktif yang dihasilkan memiliki kadar air 2%, kadar zat menguap 15%, kadar abu 23%, dan kadar karbon terikat 40%. Uji distribusi ukuran partikel menunjukkan ukuran 0.115 μm hingga 592.387 μm . Pengujian analisis citra tinta bubuk menggunakan *ImageJ* dengan perbandingan bervariasi, TB3 memiliki sedikit elemen putih dibandingkan TB1 dan TB2. Berdasarkan hasil analisis citra, nilai *gray* rata-rata TB3 mendekati nilai tinta bubuk komersial.

ABSTRACT

*Powder ink is a major component of the laser printer printing process. Powder ink is basically a mixture of pigments or dyes, metallic powders, and polymers. This study aims to utilize oil palm stems as activated carbon for coloring agents in powder inks that are applied to laser printers. The process of making activated carbon includes sample preparation, carbonization, chemical activation, and physical activation. Activated carbon was tested for water content, volatile matter content, ash content, bound carbon content, and particle size distribution test. Powder ink production in this study consisted of activated carbon (as a coloring agent), ferrite powder (a metal substance), and styrene acrylic (polymer). This study used a 4 : 1 ratio of activated carbon and ferrite powder. This study wanted to see the quality of powder ink using activated carbon dyes from oil palm stems by varying the amount of styrene acrylic. The number of variations of styrene acrylic added to the production of powder ink is TB1 (48:12:40), TB2 (40:10:50), and TB3 (32:8:60). Powder ink was tested for particle size distribution, SEM test, image analysis, and print quality using a laser printer. The research results produced activated carbon has a water content of 2%, volatile matter content of 15%, ash content of 23%, and bonded carbon content of 40%. The particle size distribution test showed a size of 0.115 μm to 592.387 μm . Powder ink image analysis testing using *ImageJ* with various comparisons, TB3 has a bit of white elements compared to TB1 and TB2. Based on the results of image analysis, the average gray value of TB3 is close to that of commercial powder ink.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan percetakan dalam industri baik untuk keperluan dokumentasi data dan administrasi atau arsip dalam bentuk fisik ataupun sekedar memudahkan kegiatan membaca, tentunya memerlukan hasil cetak (teks atau gambar) yang baik dan karenanya memerlukan material tinta yang berkualitas percetakan (Rasidah, 2020; Wardani, 2013). Metode dan pemilihan material dalam pembuatan tinta menjadi perhatian penelitian saat ini. Material tinta yang biasa digunakan dalam dunia percetakan ialah tinta cair dan tinta padat/tinta bubuk (Purnomo et al., 2017). Tinta bubuk (*powder ink*) merupakan jenis tinta berbentuk bubuk yang telah banyak digunakan pada mesin *fotocopy* atau *printer laser* (Purnomo et al., 2017; Mang, 2010). Tinta bubuk merupakan komponen utama dari proses pencetakan dan penyalinan elektrofotografi (Wardani, 2013). Tinta bubuk memiliki beberapa keunggulan seperti ketahanan terhadap air, kualitas gambar baik, kecepatan dalam pencetakan, dan lebih

*Corresponding author.

E-mail addresses: delovita@umri.ac.id (Delovita Ginting)

awet serta tahan lama (Wardani, 2013). Tinta bubuk pada dasarnya merupakan campuran dari bahan aditif seperti stirene akrilat polimer, resin hidrokarbon, serbuk besi, atau bahan lain sehingga meningkatkan kualitas cetak dan daya rekat pada kertas (Mang, 2010). Karbon aktif merupakan salah satu bahan penyusun dalam pembuatan bubuk tinta (Ataeefard, 2014; Mang, 2010). Karbon aktif dapat diproduksi dari bahan-bahan seperti kayu, sekam padi, tulang binatang, batu bara, tempurung kelapa, dan kulit biji kopi (Suresh et al., 2010). Karbon aktif memiliki biomassa lignoneselulosa yang dinilai sebagai material utama karena memiliki komposisi lignin dan karbon yang tinggi pada pembuatan karbon aktif (Gonzales-Garcia, P., 2017). Salah satu bahan yang mengandung lignin tinggi ialah batang kelapa sawit yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif (Jaya et al., 2020). Batang kelapa sawit saat ini baru dimanfaatkan sebesar 17,64 persen atau 8,59 juta m³ pada tahun 2018 (Ralie, Z., 2019). Batang kelapa sawit memiliki kandungan lignin sebesar 12,50% (Jaya et al., 2020). Berdasarkan penelitian sebelumnya membuat karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa sawit dengan melakukan proses aktivasi kimia dan fisika menghasilkan karbon aktif yang berstandar SNI Karbon Aktif (Yuliusman, 2015). Rendemen karbon aktif yang dihasilkan sebesar 38%, nilai kadar air 13,6 %, kadar abu 9,4 % dan kadar yang hilang pada pemanasan sebesar 23,1% (Yuliusman, 2015). Proses aktivasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap luas permukaan dari karbon aktif (Hardi et al., 2020). Temuan penelitian sebelumnya memanfaatkan limbah padat pengolahan gambir sebagai karbon aktif bahan baku dari tinta bubuk yang belum memberikan hasil cetak yang optimal (Purnomo et al., 2017). Hasil pengujian morfologi dengan alat SEM memperlihatkan serbuk karbon yang dihasilkan dari limbah padat pengolahan gambir belum mempunyai ukuran seragam disebabkan waktu penghalusan *ball milling* selama 2 jam (Purnomo et al., 2017). Hal inilah yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Untuk mengkonversi batang kelapa sawit menjadi karbon aktif dengan 2 proses aktivasi, yang selanjutnya karbon aktif ini akan digunakan sebagai pewarna tinta bubuk. Perlakuan aktivasi kimia dan fisika dalam menghasilkan karbon aktif bertujuan untuk memperbesar struktur pori, luas permukaan dan kandungan senyawa kimia dari karbon aktif (Faraji et al., 2015; Suryani et al., 2018). Pemilihan KOH sebagai aktivator untuk proses aktivasi kimia pada bahan karbon dianggap sangat tepat, dikarenakan sifat basa kuat dan sifat higroskopis (menyerap uap air) yang dimilikinya (Istiqomah et al., 2016). Selain itu, KOH dapat bereaksi dengan karbon serta mampu menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon sehingga karbon menjadi lebih berpori (Apriani et al., 2013). Besarnya luas permukaan yang dihasilkan dari penggunaan aktivator KOH juga menjadi alasan pemilihan aktivator jenis ini (Hardi et al., 2020).

Proses pembuatan tinta bubuk dengan bahan campuran polimer *styrene acrylic* dapat mengoptimalkan struktur pori dan memberikan daya rekat tinta bubuk pada kertas (Kai, 2020). Kualitas pencetakan digital dengan *printer* laser dan mesin fotokopi ditentukan oleh sifat partikel tinta bubuk (ukuran, distribusi ukuran, bentuk, komposisi) (Arslan, 2019). Penambahan serbuk besi (*ferrite powder*) adalah sebagai bahan pengaktif karakteristik *magnetic* tinta bubuk (Aripin, 2007). Oleh sebab itu, bahan utama tinta bubuk berupa karbon aktif memberi peluang bagi limbah batang kelapa sawit untuk diolah menjadi barang yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan batang kelapa sawit sebagai karbon aktif untuk zat pewarna pada tinta bubuk dan kemudian melihat kemampuan daya rekat tinta bubuk saat dicetak pada *printer* laser. Penelitian ini menggunakan karbon aktif batang kelapa sawit yang di aktivasi secara kimia dan fisika. Karbon di aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH, dan pada aktivasi fisika menggunakan gas CO₂ dan N₂. Pada proses pembuatan tinta bubuk, karbon aktif dicampur dengan *ferrite powder* dan *styrene acrylic* dengan perbandingan yang telah ditentukan.

2. METODE

Pembuatan karbon aktif batang kelapa sawit sebagai bahan baku tinta bubuk dilakukan dengan cara karbonisasi didalam oven pada suhu 100-250°C dengan kenaikan suhu secara berturut-turut 50°C selama 30 menit, dan total keseluruhan waktu menjadi 2 jam pemanasan didalam oven (Awitdrus et al., 2022). Sampel dari hasil karbonisasi selanjutnya dihaluskan menggunakan mortar, kemudian dilakukan proses *ball milling* selama 24 jam (Jaya et al., 2020). Setelah dilakukan proses karbonisasi, karbon kemudian diaktivasi secara kimia dengan bantuan larutan kimia seperti senyawa asam (Jamilatun et al., 2016) atau senyawa basa (Yuliusman, 2015). Pemilihan jenis senyawa dalam proses aktivasi kimia akan berpengaruh terhadap karbon aktif yang dihasilkan, seperti pemakaian senyawa KOH pada aktivasi karbon yang menghasilkan pori lebih banyak (Hardi et al., 2020). Hal ini dikarenakan pori-pori itu nantinya menjadi celah dalam memperluas permukaan karbon aktif (Nasir et al., 2015). Proses aktivasi kimia dilakukan dengan mencampurkan sampel dengan KOH 1 M didalam gelas beaker yang dipanaskan diatas hot plate sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*, kemudian disaring menggunakan kertas saring wattman (Yuliusman, 2015). Karbon aktif selanjutnya dilakukan proses aktivasi fisika dengan

mengalirkan gas N₂ pada suhu 650°C selama 7 jam. Aktivasi dilakukan dengan pemanasan bertahap untuk mencapai temperatur aktivasi yang diinginkan, dengan kondisi dialirkan gas N₂ 100 cc/menit. Setelah 7 jam, dilanjutkan dengan mengalirkan gas CO₂ selama 3 jam pada suhu 850°C. Karbon aktif didinginkan selama 20 jam (Awitdrus et al., 2022). Proses aktivasi fisika pada karbon dimaksudkan untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang mudah menguap, memperbesar struktur pori dan membuang hidrokarbon pengotor pada karbon (Anggraeni et al., 2015). Tahapan akhir dari proses ini adalah pencucian karbon aktif dengan HCl dan aquades yang bertujuan untuk menetralkan pH, kemudian dikeringkan didalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam, dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh (Yuliusman, 2015). Proses polimerisasi pembuatan tinta bubuk. Karbon aktif kemudian dicampur dengan ferrite powder dengan fraksi massa 80% : 20% (karbon aktif : ferrite powder) dapat dilihat pada Tabel 1, kemudian dihaluskan (Purnomo et al., 2017). Styrene acrylic yang telah ditentukan dalam Tabel 1 kemudian diencerkan dengan aquades dengan perbandingan 1:1 (v/v). Styrene acrylic encer, karbon aktif, dan ferrite powder kemudian dicampur menggunakan magnetic stirrer pada suhu 80°C dengan kecepatan 300 rpm selama 60 menit (Purnomo et al., 2017).

Tabel 1. Komposisi Pencampuran Pembuatan Tinta Bubuk

Nama Sampel	Karbon Aktif (%)	Ferrite Powder (%)	Styrene Acrylic (%)
TB1	48	12	40
TB2	40	10	50
TB3	32	8	60

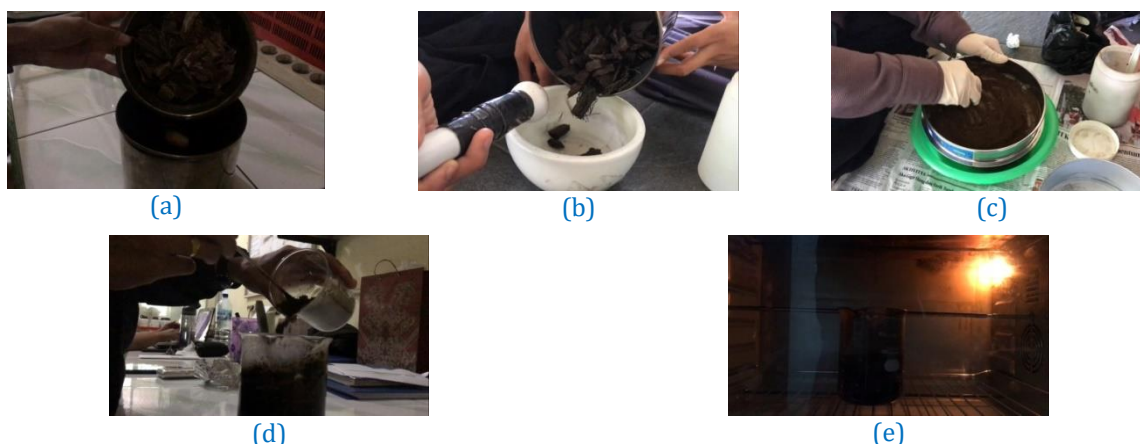
(Purnomo et al., 2017)

Setelah proses polimerisasi selesai, larutan tinta didinginkan pada suhu ruang. Tinta dicuci menggunakan deionisasi water dan didiamkan 24 jam, kemudian hasil endapan disaring (Purnomo et al., 2017). Pengeringan dilakukan selama 24 jam agar mendapatkan polimerisasi tinta bubuk yang sempurna (Purnomo et al., 2017). Tinta bubuk kemudian dihaluskan, kemudian disaring hingga lolos ayakan 100 mesh dan didapatkanlah tinta bubuk berbahan dasar karbon aktif batang kelapa sawit. Tinta bubuk dilakukan pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy), analisis citra, uji coba kualitas cetak. Uji SEM dilakukan untuk mengamati permukaan bubuk tinta dengan menggunakan alat Hitachi S-3400N dengan perbesaran 100x, 500x, dan 1200x. Kualitas warna dianalisis dengan bantuan perangkat lunak ImageJ untuk menampilkan histogram warna berupa informasi piksel abu-abu (gray) (Munir, 2006). Uji coba dilakukan berdasarkan standar ISO/IEC 19752:2004 Annex E-Standard Test Page for Monochrome Toner (Purnomo et al., 2017) yang diujikan langsung pada printer laser HP P2015N.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Proses karbonisasi batang kelapa sawit menghasilkan arang kasar yang kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan diayak menjadi bubuk arang. Bubuk arang dilakukan proses aktivasi kimia dan fisika hingga menjadi karbon aktif. Proses pembuatan karbon aktif batang kelapa sawit disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Pembuatan Karbon Aktif Batang Kelapa Sawit
 Arang kasar batang kelapa sawit hasil karbonisasi (a), Proses penghalusan arang menggunakan mortar (b), Proses penyaringan arang (c), Proses aktivasi kimia (d), Proses aktivasi fisika (e)

Pembuatan tinta bubuk dengan mencampurkan karbon aktif, *ferrite powder*, dan polimer *styrene acrylic* menghasilkan pasta yang kemudian disaring dan dikeringkan selama 24 jam. Setelah kering, pasta tinta berubah menjadi bongkahan yang kemudian dihaluskan dengan mortar untuk mendapatkan hasil bubuk tinta. Proses pembuatan tinta bubuk disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pembuatan Tinta Bubuk

Proses pencampuran karbon aktif, *ferrite powder*, dan *styrene acrylic* (a), Penyaringan pasta tinta (b), Hasil tinta bubuk yang telah kering dan dihaluskan (c)

Uji karakteristik karbon aktif didapatkan sebesar 2% pengurangan air, 15% kandungan senyawa yang menguap, 23% kadar abu yang menguap, dan 40% kadar karbon terikat (karbon murni yang terkandung pada karbon aktif). Hasil uji karakteristik karbon aktif batang kelapa sawit dibandingkan dengan standar SNI pada karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Karakterisasi Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995)

Parameter Pengujian	Hasil Pengujian (%)	Syarat Mutu SNI (%)
Kadar Air	2%	15%
Kadar Zat Menguap	15%	25%
Kadar Abu	23%	10%
Kadar Karbon Terikat	40%	65%

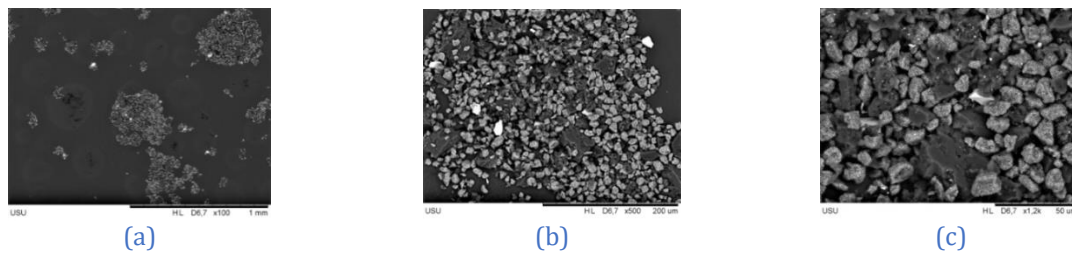
(BSN, 1995)

Pengujian ukuran partikel dari karbon aktif dilakukan menggunakan HORIBA L300 Particle Size Analysis yang ditambahkan cairan *Acetyl Salicylic Acid* yang digunakan sebagai pembanding dalam uji PSA. Distribusi hasil ukuran partikel karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 3(a). Hasil pengujian menunjukkan partikel terkecil sebesar 0.115 µm, partikel terbesar 229,075 µm, dengan rata-rata diameter ukuran 51.285 µm. Distribusi hasil ukuran partikel tinta bubuk dapat dilihat pada Gambar 3(b). Hasil pengujian menunjukkan partikel terkecil sebesar 0.584 µm, partikel terbesar 229,075 µm, dengan rata-rata diameter ukuran 74.698 µm.

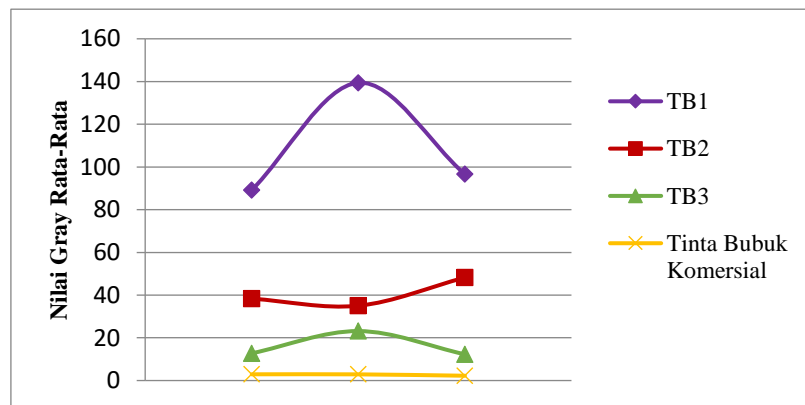


Gambar 3. Distribusi Diameter Ukuran Partikel (a) Karbon Aktif Batang Kelapa Sawit (b) TB3

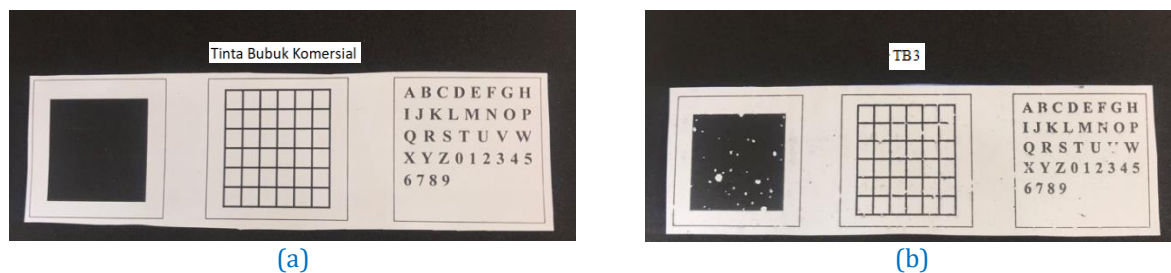
Uji SEM dilakukan untuk mengamati permukaan bubuk tinta dengan perbesaran 100x, 500x, dan 1200x. Hasil pengujian SEM dapat dilihat pada Gambar 4. Perbesaran 1200x menunjukkan bahwa tinta bubuk yang dihasilkan masih bertekstur kasar dan tidak beraturan. Gambar 5 menunjukkan grafik analisis citra tinta bubuk. Analisis warna tinta bubuk dilakukan pada setiap sampel ditampilkan dalam histogram warna berupa informasi piksel abu-abu (*gray*) yang telah dideteksi menggunakan aplikasi ImageJ. Hasil cetak menggunakan printer laser HP P2015N yang dilakukan sebanyak 3 kali cetak dapat dilihat pada Gambar 6. Uji cetak dilakukan menggunakan tinta bubuk komersial dan TB3.



Gambar 4. Morfologi Butiran Tinta Bubuk
(a) Perbesaran 100x, (b) Perbesaran 500x, (c) Perbesaran 1200x



Gambar 5. Grafik Analisis Citra Tinta Bubuk



Gambar 6. (a) Tinta bubuk komersial, (b) TB3

Pembahasan

Karbon aktif menjadi pilihan bahan baku tinta bubuk karena memiliki kandungan lignin dan karbon yang tinggi (Gonzales-Garcia, P., 2017). Salah satu bahan yang mengandung lignin tinggi ialah batang kelapa sawit (Jaya et al., 2020). Selain itu karbon aktif batang kelapa sawit ini memiliki keunggulan seperti umur pakai yang lama, biaya produksi rendah, dan ketersediaan bahannya yang melimpah (Misnon et al., 2015; Wei et al., 2012). Karbon aktif dilakukan pengujian karakteristik kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan uji distribusi ukuran partikel. Hasil uji karakteristik karbon aktif batang kelapa sawit dibandingkan dengan standar SNI pada karbon aktif (SNI 06-3730-1995), berdasarkan hasil uji didapatkan bahwa kadar karbon aktif batang kelapa sawit sudah sesuai dengan standar karbon aktif (BSN, 1995). Hasil uji ukuran partikel karbon aktif menunjukkan ketidakseragaman ukuran partikel pada karbon aktif. Partikel terkecil sebesar 0.115 μm , partikel terbesar 229,075 μm , dengan rata-rata diameter ukuran 51.285 μm .

Tinta bubuk dilakukan pengujian distribusi ukuran partikel, morfologi butiran (SEM), analisis citra menggunakan *software imagej*, dan uji kualitas cetak menggunakan *printer laser HP P2015n*. Hasil morfologi citra tinta bubuk menunjukkan ukuran partikel yang tidak beragam, dapat dilihat pada Gambar 4 (c). Ukuran partikel tinta bubuk yang tidak seragam dikarenakan faktor bahan baku karbon aktif memiliki ukuran partikel terbesar 229,075 μm dengan rata-rata diameter ukuran 51.2858 μm . Ukuran partikel tinta bubuk untuk TB3 memperlihatkan bahwa ukuran partikel meningkat sebesar 45,65 % dibandingkan dengan rata-rata ukuran partikel karbon. Ukuran partikel meningkat bisa disebabkan proses aglomerasi ditunjukkan pada Gambar 4 (a). Ukuran tinta bubuk akan berpengaruh pada kualitas cetak dan daya rekat (Wang, 2022). Upaya untuk menghasilkan ukuran partikel agar seragam dapat dilakukan

dengan metode penghalusan karbon menggunakan *ball mill* dengan durasi lebih lama sehingga diperoleh ukuran partikel karbon yang lebih kecil dan seragam (Purnomo et al., 2017). Tinta bubuk yang dihasilkan pada penelitian ini juga belum memiliki ukuran yang seragam, hal ini dikarenakan tinta bubuk yang diperoleh sebelum pengujian hanya dihaluskan menggunakan mortar. Langkah yang sama pada karbon aktif dan tinta bubuk yaitu dengan penghalusan menggunakan *ball milling* bisa menjadi alternatif untuk menghasilkan kualitas tinta yang mendekati kualitas tinta bubuk komersial (Maslahat et al., 2019). Tinta bubuk yang telah difabrikasi berhasil dicetak dan dianalisa hasil cetaknya menggunakan aplikasi *imageJ*. Hasil uji citra menggunakan *imageJ* yang pada Gambar 5 menunjukkan grafik hasil kode warna nilai *gray* rata-rata dengan 3 kali pengulangan pencetakan pada 4 perbandingan (termasuk tinta bubuk komersial). Kode warna semakin tinggi atau semakin besar menunjukkan bahwa kode warna tersebut memiliki elemen warna putih lebih banyak dan semakin rendah kode warna maka kode warna tersebut memiliki elemen warna hitam lebih banyak. Terlihat jelas pada grafik yang menunjukkan nilai *gray* rata-rata yang mendekati nilai tinta bubuk komersial adalah pada TB3. Tinta bubuk pada perbandingan TB3 menunjukkan bahwa hasil print memiliki sedikit elemen putih, yang artinya tinta bubuk melekat dengan sempurna. Sedangkan perbandingan TB1 dan TB2 pada grafik memiliki kode warna tertinggi, yang artinya bahwa banyak memiliki elemen putih dan tinta bubuk tidak melekat dengan sempurna. Hasil uji kualitas cetak yang diujikan langsung pada *printer* laser HP P2015n menunjukkan hasil cetak pada perbandingan TB3 yang memiliki warna hitam pekat dan mendekati hasil cetak tinta bubuk komersial. Perbandingan hasil uji kualitas cetak dapat dilihat pada Gambar 6. Tinta bubuk TB3 merupakan sampel dengan perbandingan jumlah *Styrene Acrylic* dengan fraksi massa terbesar jika dibandingkan dengan 3 sampel lainnya, hal ini menunjukkan bahwa kualitas cetak tinta pada penelitian ini dipengaruhi oleh jumlah *Styrene Acrylic* (Purnomo et al., 2017). *Styrene Acrylic* sebagai polimer yang bermanfaat sebagai perekat (Nurlela et al., 2016) membantu tinta merekat lebih baik pada kertas, mempengaruhi jumlah elemen hitam pada hasil cetak, dan menurunkan nilai *gray* rata-rata yang terbaca pada hasil cetak yang dianalisa dengan menggunakan *imageJ*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan Karbon aktif batang kelapa sawit yang dihasilkan telah memenuhi standar dari karbon aktif yaitu SNI 06 – 3730 – 1995. Hasil uji tinta menunjukkan keberhasilan daya rekat pada kertas, tetapi masih memiliki tekstur yang kasar, hal ini dipengaruhi oleh ukuran partikel tinta bubuk yang dihasilkan yaitu 74.6988 μm . Tinta bubuk TB3 yaitu tinta bubuk dengan jumlah *Styrene Acrylic* 60% yang menghasilkan tinta bubuk mendekati hasil cetak tinta bubuk komersial.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Riau dan Program Studi Fisika Fakultas MIPA dan Kesehatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alfairuz, R., & Khair, M. (2021). Preparasi Karbon Aktif dari Limbah Batang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Ultrasonik sebagai Adsorben Rhodamin B. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(2), 64–67.
- Alimah, D. (2017). Sifat dan Mutu Arang Aktif dari Tempurung Biji Mete (*Anacardium occidentale* L.). *Balai Penelitian Dan Pengembangan Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Banjarbaru*, 7. <https://doi.org/10.20886/jphh.2017.35.2.123-133>.
- Andami, F., Ataefard, M., Najafi, F., & Saeb, M. (2015). Fabrication of Black Printing Toner Through in Situ Polymerization: An Effective Way to Increase Conversion. *Departement of Printing Science and Technology, Institute of Color Science and Technology*. <https://doi.org/10.30509/PCCC.2015.75850>.
- Anggraeni, I. S., & Yuliana, L. E. (2015). Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (*Borassus Flabellifer* L.) dengan Menggunakan Aktivator Seng Klorida (ZnCl_2) dan Natrium Karbonat (Na_2CO_3). In Tugas Akhir (pp. 1–19).
- Apriani, R., Diah Faryuni, I., & Wahyuni, D. (2013). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut. *Prisma Fisika*, 1(2), 82–86. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpfu/article/view/2931>.
- Arslan, S., Sonmez, S. & Sahinbaşkan, T. (2019). Investigation of the Effect of Cellophane Application On Print Quality in Electrophotographic Printing System. *Department of Printing Technology, Institute of Pure and Applied Sciences*.

- Ataefard, M. (2014). Production of Carbon Black Acrylic Composite as an Electrophotographic Toner Using Emulsion Aggregation Method: Investigation the Effect of Agitation Rate. *Departement of Printing Science and Technology, Institute of Color Science and Technology*. <https://doi.org/10.1177/0021998314536069>.
- BSN. (1995). Badan Standar Nasional. Surabaya.
- Faraji, S., & Ani, F. N. (2015). The Development Supercapacitor from Activated Carbon by Electroless Plating - A Review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 42, pp. 823–834). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.068>.
- Gonzales-Garcia, P. (2017). Activated Carbon from Lignocellulosics Precursors : A Review of the Synthesis Methods, Characterization Techniques and Applications. *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, 76130 Querétaro, Mexico*. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.04.117>.
- Hardi, A. D., Joni, R., & Aziz, H. (2020). Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Elektroda Supercapacitor. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 9(4), 479–486. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.4.479-486.2020>.
- Huda, S., Dwi, R., & Kurniasari, L. (2017). Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) yang di Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). *Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim*. <http://dx.doi.org/10.31942/inteka.v5i1.3397>.
- Istiqomah, A. U., Rahmawati, F., & Nugrahaningtyas, K. D. (2016). Penggantian Soda Api (NaOH) dengan Kalium Hidroksida (KOH) pada Destilasi Sistem Biner Air-Etanol. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 12(2), 179–189. <https://jurnal.uns.ac.id/alchemy/article/download/1876/PDF>.
- Jamilatun, S., Salamah, S., & Ispatulita, I. D. (2016). Karakteristik Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Pengaktivasi H₂SO₄. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 13. <https://doi.org/10.26555/chemica.v2i1.4562>.
- Jaya, D. D., & Khair, M. (2020). Pembuatan Karbon Aktif melalui Karbonisasi Batang Kelapa Sawit. *Chemistry Journal of State University of Padang*, 9(1), 7–10. <https://doi.org/10.24036/p.v9i1.108710>.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif. *Balai Penelitian Kehutanan Makasar*, 65–80. <https://doi.org/10.20886/buleboni.5041>.
- Limbong, H. P., & Sipahutar, E. H. (2017). Aspek Ekonomi Pemanfaatan Batang Kelapa Sawit. *Baristand Industri Medan*, (24).
- Manurung, M., Ratnayani, O., & Prawira, R. A. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Arang dari Limbah Bambu dengan Aktivator ZnCl₂. *Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana*, 7, 122–129. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/cakra/article/view/56186>.
- Maslahat, M., Kamalia, E., & Arrisujaya, D. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Mikro Partikel Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Program Studi Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nusa Bangsa Bogor*.
- Munir Rinaldi. (2006). Aplikasi Image Thresholding Untuk Segmentasi Objek. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi Institut Teknologi Bandung*.
- Nasir L., Zakir, M., Budi, P. (2015). Desilikasi Karbon Aktif Sekam Padi sebagai Adsorben hg pada Limbah Pengolahan Emas di Kabupaten Buru provinsi Maluku. *Indonesia Chimica Acta*, 7(2), 1–11. <https://indonesiachimicaacta.files.wordpress.com/2012/05/1-nasir-la-hasan1.pdf>.
- Nurlela, Risnawati. (2016). Pengaruh Resin terhadap Perubahan Warna pada Cat Tembok. *Program Studi Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nusa Bangsa Bogor*.
- Purnomo, Y., Sy, S., Muchtar, H., & Kumar, R. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Tinta Serbuk Printer Berbahan Baku Arang Aktif dari Limbah Padat Pengolahan Gambir. *Balai Riset Dan Standardisasi Industri Padang*, 71–80. <https://doi.org/10.24960/jli.v7i2.3242.71-80>.
- Putri, H., & Farma, R. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Karbon Aktif dari Biomassa Pelepah Aren dengan Persentase KOH. *Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau*. <https://doi.org/10.31258/jkfi.18.1.75-80>.
- Ralie, Z. (2019). Batang Kelapa Sawit Bernilai Tinggi tapi Minim Pemanfaatan. URL:<https://bsn.go.id/main/berita/detail/10202/batang-kelapa-sawit-bernilai-tinggi-tapi-minim-pemanfaatan>. Diakses tanggal 20 Maret 2022
- Rasidah. (2020). Alternatif Pembuatan Tinta Serbuk (Toner) Printer dari Bahan Alam Lokal Kalteng. *Universitas Palangka Raya*.
- Sudibandriyo, M. (2011). Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 10(3), 149–156. <https://doi.org/10.5614/jtki.2011.10.3.6>.
- Tusak Diah, H. (2019). Karbon Aktif dari Kulit Salak (*Salacca Edulis*) dengan Aktivasi Fisika CO₂. *Teknik Kimia*. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/24342>.

- Vogl H. (2008). A Survey of Digital Press Manufacturers: Critical Paper Requirements. *Rochester Institute of Technology*. <https://scholarworks.rit.edu/books/35>.
- Wang, Y., Genina, N., Müllertz, A., & Jukka Rantanen. (2022). Coating of primary powder particles improves the quality of binder jetting 3D printed oral solid products. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2022.08.030>.
- Wardani, P. Y. (2013). Sintesis dan Karakterisasi Tinta Serbuk (TONER) Berbahan Baku Pasir Besi Menggunakan XRD dan SEM-EDAX. *Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang*. <http://repository.um.ac.id/id/eprint/20614>.
- Wicaksono, B. (2019). Pengaruh Penggunaan Steam dalam Proses Karbonisasi N₂ Terhadap Daya Serap Karbon Bulu Ayam. *Program Studi Teknik Mesin*.
- Yuliusman. (2015). Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Bahan Pengaktif KOH dan gas N₂/CO₂. *Seminar Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA)*, 978-979. <https://doi.org/10.22219/sentra.v0i1.2121>.