



ARTIKEL PENELITIAN

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit dari produksi pabrik kelapa sawit cikasungka sebagai alternatif pembuatan tinta *printer*

Dandi Syahrul Gunawan¹, Ridho Pardosi¹, Timbul Widodo², Muhammad Iqbal¹, Nabillah Dwi Africia¹, Aris Sandi¹, Lestari Hetalesi Saputri^{1,*}

¹Politeknik LPP Yogyakarta, Jl. Urip Sumoharjo No.1 Klitren, Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55222, Indonesia

Disubmit 09 Agustus 2024; direvisi 23 Agustus 2024; diterima 28 Agustus 2024



OBJECTIVES Empty Palm Fruit Bunches (EFB) are organic waste that is often found in oil palm plantations. EFB has a fairly high utility value because it contains fiber. However, the use of EFB in palm oil mills (PKS) is still limited for fertilizer. Therefore, this research used palm oil as a raw material for organic pigments to produce printer ink. **METHODS** Organic pigments in this research were made from EFB through several stages, including refining the EFB material with a machete, drying in sunlight, carbonization (charring) process at a temperature of 450# using a series of carbonization tools, refining EFB charcoal (carbon), sieving carbon powder with a T200 mesh screen and the stage of producing printer ink, which was conducted by mixing EFB carbon with distilled water, alcohol and gum arabic. The resulting ink will be tested for viscosity, light transmittance test, adhesion test, density test, and ink performance test. **RESULTS** The results of this research showed that the optimal printer ink product was obtained at a mass composition of 2 g carbon with 5 mL alcohol, which was mixed with an adhesive in the form of 3.5 g gum arabic in 22.5 mL of distilled water. **CONCLUSIONS** The results of the print, transmittance and adhesion tests have been in accordance with the Indonesian National Standard (SNI) but the viscosity test needed to be studied further.

KEYWORDS carbonization, fruit bunches, organic pigments, oil palm empty printer ink.

TUJUAN Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah organik yang sangat banyak dijumpai di perkebunan ke-

lapa sawit. TKKS memiliki nilai guna yang cukup tinggi karena terdapat kandungan serat di dalamnya. Namun, pemanfaatan TKKS di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) masih sebatas sebagai pupuk. Oleh karena itu, pada riset ini dilakukan pemanfaatan kelapa sawit sebagai bahan baku pigmen organik untuk pembuatan tinta *printer*. **METODE** Pigmen organik pada riset ini dibuat dari TKKS dengan beberapa tahapan, antara lain penghalusan bahan dengan parang, pengeringan dengan sinar matahari, proses karbonisasi (pengarangan) pada suhu 450°C menggunakan serangkaian alat karbonisasi, penghalusan arang (karbon) TKKS, pengayakan serbuk karbon dengan *screen mesh* T200 dan tahap pembuatan tinta *printer* yang dilakukan melalui pencampuran karbon TKKS dengan aquadest, alkohol, dan *gum arab*. Tinta yang dihasilkan akan diuji viskositas, uji transmitansi cahaya, uji adhesi, uji densitas, dan uji performa tinta. **HASIL** Hasil riset ini menunjukkan bahwa produk tinta *printer* yang optimum didapatkan pada komposisi massa 2 g karbon dengan 5 mL alkohol, yang dicampur dengan bahan perekat berupa 3,5 g *gum arab* dalam 22,5 mL aquadest. **KESIMPULAN** Hasil uji cetak, transmitansi dan adhesi telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), meskipun untuk uji viskositas perlu diteliti lebih lanjut.

KATA KUNCI karbonisasi; pigmen organik; tandan kosong kelapa sawit; tinta *printer*.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara dengan luas perkebunan yang sangat besar dengan luas areal perkebunan kelapa sawit sebesar 16,8 juta ha (BPDP-KS, 2022) dan akan terus meningkat seiring tingginya permintaan minyak mentah kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO). Tingginya permintaan CPO akan menghasilkan limbah padat yang semakin besar, salah satunya TKKS yang umumnya digunakan sebagai pupuk tambahan pada tanaman kelapa sawit. Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Cikasungka, PTPN VIII menawarkan kerjasama kepada perusahaan maupun Perguruan Tinggi yang tertarik untuk mengelola limbah TKKS-nya karena tingginya produksi TKKS yang cukup banyak di PKS ini dengan kisaran 73 ton/hari.

*Korespondensi: eta@polteklpp.ac.id

Berdasarkan hasil riset dari Putri dkk. (2023) disebutkan bahwa pada TKKS terdapat kandungan selulosa sebesar 45,95% dan hemiselulosa sebesar 22,84%. Apabila kedua senyawa tersebut diolah lebih lanjut, maka dapat menghasilkan karbon dalam jumlah besar sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan tinta *printer*. Tinta *printer* yang dibuat dari bahan baku TKKS bertujuan untuk mengurangi penggunaan tinta berbahan baku sintesis yang dianggap tidak aman terhadap kesehatan manusia. Tinta sintesis yang dikomersialkan saat ini ternyata di dalam campurannya terdapat kandungan *xylene*. *Xylene* adalah *Volatile Organic Compound* (VOC) yang pada pembuatannya dapat berfungsi sebagai pigmen warna. Akan tetapi, bahan ini sangat mudah menguap pada tekanan dan temperatur tertentu, sehingga dapat mencemari udara bahkan dapat menimbulkan kerusakan pada panca indera dan organ dalam tubuh manusia (Aprianti dkk. 2021). Oleh sebab itu, dibutuhkan bahan lain dengan kandungan karbon yang tinggi sehingga dapat menggantikan pigmen warna hitam pada tinta yang bersifat lebih ramah lingkungan, serta aman bagi kesehatan manusia. Salah satu bahan yang dapat digunakan adalah biomassa TKKS.

Pigmen warna hitam pada tinta merupakan senyawa karbon yang biasanya berasal dari bahan VOC dari jenis *Xylene* dan *Carbon Black* yang sering digunakan pada tinta *printer* komersial. VOC merupakan senyawa karbon, tidak termasuk karbon monoksida, karbon dioksida, asam karbonat, karbida logam atau karbonat dan amonium karbonat yang berpartisipasi dalam reaksi fotokimia atmosfer (Pratama dkk. 2022). Menurut Ismail (2021), VOC merupakan senyawa kimia yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan, pusing dan mual bahkan kerusakan pada hati, ginjal dan sistem saraf pusat yang juga diperkuat dari hasil riset Aprianti dkk. (2021). Hal ini berbanding terbalik dengan tinta *printer* yang terbuat dari biomassa TKKS karena dibuat dari karbon hasil proses karbonisasi.

TKKS memiliki kandungan senyawa kimia berupa selulosa, lignin, hemiselulosa, holoselulosa, dan pentosan. Menurut Rahmasita dkk. (2017), besarnya kandungan kimia pada TKKS yakni selulosa (42,7-65%), lignin (13,2-25,31%), hemiselulosa (17,1-33,5%), holoselulosa (68,3-86,3%), dan kadar abu (1,3-6,04%). Senyawa kimia tersebut tersusun dari ran-

ta karbon yang dapat berfungsi sebagai sumber bahan utama pigmentasi pada tinta karena mampu memberikan warna hitam yang sempurna. Senyawa organik selulosa dan hemiselulosa berpotensi dalam mengikat tinta sehingga dapat menempel pada media cetak, bahkan dalam dunia industri penggunaan *Carbon Black* pada tinta mampu mengalahkan penggunaan *Spinner Black*, *Rutile Black*, dan *Iron Black*.

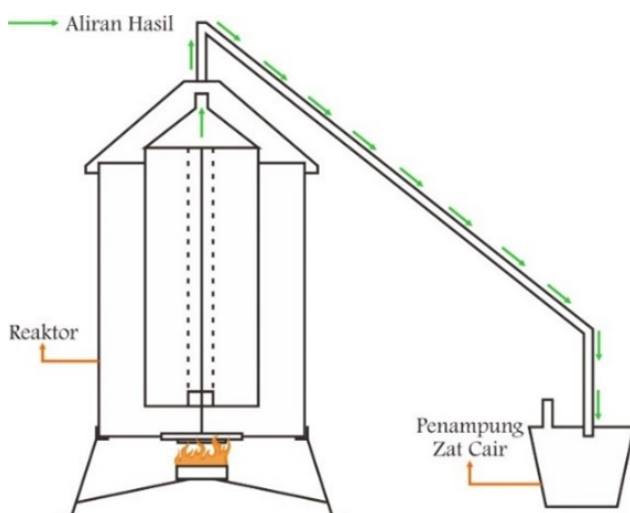
Menurut Rahayu dkk. (2019), tanaman kelapa sawit mengandung lignin yang memiliki potensi membentuk bahan kimia seperti benzene, *toluene*, *xylene*, dan fenol. Namun, senyawa aromatik tersebut dapat dikendalikan melalui kontrol proses karbonisasi yang tepat karena struktur senyawa penyusun lignin dengan gabungan berbagai turunan senyawa benzene yang berikatan satu sama lain dapat terurai pada suhu tertentu. Salah satu kunci keberhasilan pembuatan tinta *printer* adalah karbon sebagai sumber pigmen warna hitam. Karbon dapat diperoleh melalui proses pembakaran salah satunya melalui proses karbonisasi. Apabila proses karbonisasi dilakukan pada suhu yang tepat maka akan dihasilkan karbon yang matang dan siap untuk diolah menjadi tinta. Menurut Waters dkk. (2017), umumnya hemiselulosa terurai pada suhu sekitar 220-315°C, selulosa sekitar 315-400°C, dan lignin diatas 400°C. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan perolehan karbon dari proses karbonisasi maka suhu operasi yang dilakukan harus di atas suhu 400°C karena lignin, selulosa, dan hemiselulosa dapat terurai dengan sempurna pada suhu tersebut. Di samping itu, pada suhu tersebut lignin dapat terurai dengan sempurna sehingga tidak menyumbang VOC pada produk tinta *printer* serta tinta *printer* akan lebih aman untuk digunakan. Proses karbonisasi merupakan kunci dari keberhasilan untuk memperoleh arang yang sempurna yang dapat digunakan sebagai bahan baku tinta *printer*, sehingga mendukung tujuan penelitian ini yaitu menghasilkan tinta *printer* yang aman bagi lingkungan, serta ramah bagi kesehatan manusia. Pembuatan tinta berbahan organik untuk aplikasi tinta *printer*, khususnya dari TKKS, belum ada yang meneliti. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Aprianti dkk. (2021), yang membuat tinta *printer* dari pelepah kelapa sawit, namun hasil dari penelitian tersebut belum maksimal karena kandungan VOC pada tinta *printer* yang dihasilkan masih tergolong tinggi. Hal ini disebabkan karena proses karbonisasi yang belum sempurna, terutama karena pelepah kelapa sawit memiliki kandungan lignin yang lebih tinggi dibandingkan TKKS.

2. METODE PENELITIAN

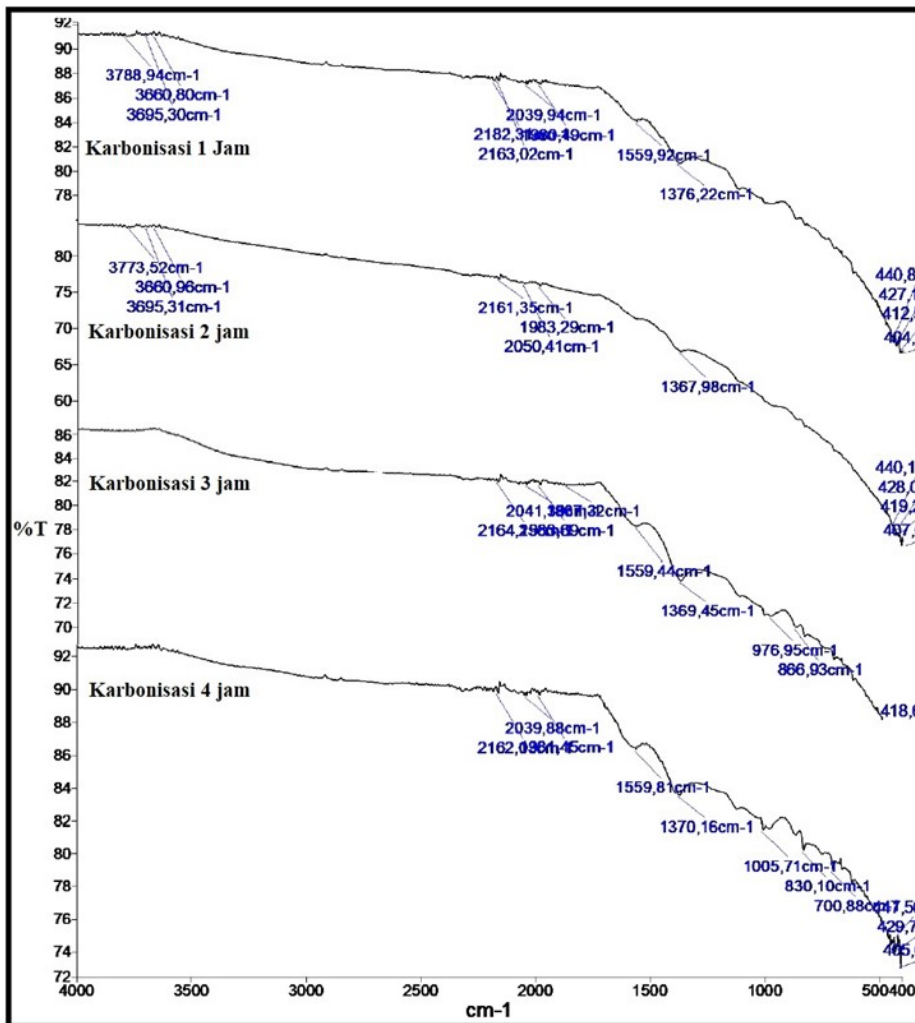
Metode penelitian dimulai dari persiapan bahan baku TKKS, proses pengarangan (karbonisasi), pembuatan produk tinta *printer* hingga pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Politeknik LPP Yogyakarta dan pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Analisis dan Instrumentasi Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

2.1 Bahan penelitian

Bahan utama penelitian ini adalah TKKS yang diperoleh dari PKS Cikasungka, PTPN VIII dan bahan pendukung, antara lain aquadest, *gum arab*, *gypsum powder*, dan alkohol 96% (*Grade A*) yang dibeli dari Alfa Kimia Yogyakarta. Sementara alat yang digunakan pada riset ini adalah tungku pembakaran, panci karbonisasi, gas elpiji 3 kg, *blender* rumah tangga,



GAMBAR 1. Skema alat karbonisasi.



GAMBAR 2. Spektra FTIR hasil proses karbonisasi 1 jam hingga 4 jam.

gelas beker 250 mL, alu dan mortal, gelas ukur 25 mL, pipet tetes, timbangan digital, piknometer 50 mL, selang aluminium, pipa kapiler, parang, *viscometer ostwald*, *glass thermometer*, *thermometer digital*, *Luxmeter*, cawan petri, *magnetic stirrer*, lakban hitam dan putih, bola lampu 9 Watt, HVS A4, dan alat *screen mesh T200*.

2.2 Cara penelitian

2.2.1 Persiapan bahan baku TKKS

Tahapan pertama dilakukan dengan mencacah TKKS menjadi bagian kecil lalu dilakukan pengeringan dengan sinar matahari langsung untuk menghilangkan kadar air.

2.2.2 Proses karbonisasi

Selanjutnya TKKS dimasukkan ke dalam alat karbonisasi dengan suhu 450°C pada variasi waktu proses 1-4 jam. Setelah itu, arang (karbon) serat TKKS dihaluskan menggunakan alu dan mortal, lalu digiling kembali dengan *blender* untuk memperoleh serbuk karbon yang halus. Serbuk karbon akan disaring dengan alat *screen mesh T200*. Variasi waktu dilakukan untuk mengetahui proses karbonisasi yang dapat menghasilkan karbon yang sempurna tanpa adanya kandungan serat yang masih mentah (belum terurai) dan *screening* untuk memperoleh ukuran karbon yang seragam sehingga mempermudah proses pelarutan karbon dalam pembuatan tinta.

2.2.3 Pembuatan tinta printer

Larutan *gum arab* dengan variasi 2 g, 2,5 g, 3 g, dan 3,5 g beserta aquadest sebanyak 15 mL, 17,5 mL, 20 mL, dan 22,5 mL disiapkan. Setelah itu, aquadest dimasukkan sedikit demi sedikit sambil dipanaskan pada suhu 70°C dengan *magnetic stirrer* hingga larutan menjadi homogen. Sementara karbon hasil karbonisasi disiapkan dengan variasi 2-5 g pada gelas beker lalu karbon dilarutkan ke dalam 5 mL alkohol 96%. Proses pelarutan karbon ke dalam alkohol dilakukan secara perlahan sampai kedua zat tercampur merata. Jika kedua zat telah tercampur merata, larutan *gum arab* dicampurkan ke dalam larutan karbon dan diaduk kembali hingga campuran merata.

2.2.4 Uji/Analisis

Uji pertama yang dilakukan ialah uji gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* merek *Shimadzu* pada TKKS dan karbon hasil karbonisasi pada setiap variasi waktu. Banyaknya karbon yang terbentuk setelah karbonisasi diidentifikasi melalui penurunan nilai indeks pada sampel karbon yang dibandingkan dengan indeks TKKS awal (sebelum karbonisasi) yang menandakan bahwa kandungan serat lignin, hemiselulosa dan selulosa semakin berkurang dengan bertambahnya jumlah karbon yang terbentuk. Bila ada penurunan indeks maka proses karbonisasi dianggap sempurna. Bilangan gelombang yang teramat yaitu pada 4000-400

TABEL 1. Hasil perhitungan absorbansi dan indeks dari spektra FTIR.

Arang Hasil karbonisasi selama	Ikatan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Transmitansi (%)	Absorbansi	Indeks
1 jam	O-H stretch	3660.8	91.15	0.0402	0.4316
	C=C, C-H	1559.92	84.100	0.0752	0.8066
	C-H symmetrical stretch	1376.22	80.680	0.0932	1.0000
2 jam	O-H stretch	3660.96	84.16	0.0749	0.4281
	C=C, C-H	1559	71.500	0.1457	0.8327
	C-H symmetrical stretch	1367.98	66.840	0.1750	1.0000
3 jam	C=C, C-H	1559.44	78.290	0.1063	0.8074
	C-H symmetrical stretch	1369.45	73.850	0.1316	1.0000
4 jam	C=C, C-H	1559.81	86.370	0.0636	0.8164
	C-H symmetrical stretch	1370.16	83.570	0.0779	1.0000

cm⁻¹, dari bilangan tersebut akan dihitung nilai indeks per ikatan kimia dengan membandingkan absorbansi tiap ikatan kimia terhadap absorbansi acuan (pada bilangan gelombang 1420 cm⁻¹ yang merupakan puncak ikatan C-H). Perhitungan indeks akan mengikuti penelitian Saputri (2020) dan pembuktian terbentuknya karbon (arang) akan dianalisis mengikuti penelitian Solihudin dkk. (2020). Uji selanjutnya yaitu uji viskositas untuk mengukur kekentalan tinta yang dihasilkan dengan menggunakan alat *viscometer ostwald*. Uji ini dilakukan menggunakan tinta sebanyak 1 mL yang sudah diencerkan sebanyak 210 kali dengan menggunakan aquadest, mengikuti cara pengujian Aprianti et al., (2021) menggunakan Persamaan 1.

$$\eta = \eta_0 \cdot \frac{t \cdot \rho}{t_0 \cdot \rho_0} \tag{1}$$

Keterangan:

1. η = nilai viskositas hasil perhitungan (g/cm.s)
2. η_0 = nilai viskositas air = 0,0089 g/cm.s
3. ρ = densitas sampel tinta (g/cm³)
4. ρ_0 = massa jenis air = 1 g/cm³
5. t_0 = waktu yang dibutuhkan air untuk turun yaitu 2,4 s
6. t = waktu yang diperoleh dari masing-masing sampel tinta

Untuk uji transmitansi cahaya dilakukan dengan perangkat alat berupa *Luxmeter* dengan sumber cahaya lampu 9 watt dan tabung gelap yang diganti dengan gelas kimia yang direkatkan menggunakan lakban hitam yang mengelilingi gelas kimia mengikuti cara pengujian (Aprianti dkk. 2021). Uji daya rekat/adhesi dilakukan pada substrat (kertas HVS A4) dengan menggunakan metode *cross-cut tape test* (Rengganis dkk. 2017).

Uji densitas dilakukan dengan menggunakan piknometer, mengikuti metode yang pernah dilakukan oleh Aprianti dkk. (2021), menggunakan Persamaan 2.

$$\rho = \frac{m_0 - m_1}{V} \tag{2}$$

Keterangan:

- ρ = densitas sampel tinta (g/mL)
- m_0 = berat kosong piknometer (gram)
- m_1 = berat piknometer pasca terisi tinta (gram)
- V = volume cairan (mL)

Sementara untuk uji performa tinta dilakukan dengan pencetakan menggunakan *printer merk Canon Pixma MP287* berupa tulisan pada kertas HVS A4 untuk masing-masing sampel tinta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil uji FTIR (*fourier transform infra red*)

Hasil Proses karbonisasi menyebabkan pemutusan rantai secara bertahap dari lignoselulosa menjadi selulosa, hemiselulosa dan lignin pada TKKS. Pada suhu karbonisasi di atas 400°C, pemecahan selulosa dan hemiselulosa cenderung akan membentuk karbon (arang) dan abu, namun beda halnya dengan lignin. Jika lignin dibakar, maka arang tidak dapat terbentuk secara langsung, akan tetapi cenderung membentuk senyawa-senyawa *volatile* terlebih dahulu, seperti *phenol*, *benzene*, *xylene* dan senyawa *volatile organic* lainnya. Dalam upaya mengurangi terbentuknya senyawa *volatile* tersebut dan mencegah arang mentah, maka kontrol proses selama karbonisasi terutama suhu dan waktu menjadi faktor penting yang harus diperhatikan, sehingga target produk tinta *printer* yang bebas atau minim kandungan VOC dapat terwujud.

Pada saat proses karbonisasi, senyawa VOC umumnya keluar bersama gas dari hasil keluaran bejana karbonisasi. Namun, karena senyawa ini berikatan erat dengan selulosa dan hemiselulosa, maka diperlukan suhu dan waktu yang cukup di dalam proses penguraian. Semakin banyak kandungan lignin pada TKKS, maka senyawa VOC akan semakin banyak dihasilkan (bila proses pembakaran belum sempurna). Identifikasi senyawa penyusun TKKS setelah karbonisasi dilakukan dengan alat FTIR. Hasil yang diharapkan tentunya bukan berupa arang mentah, karena arang mentah akan sukar larut selama proses pembuatan tinta dan akan merusak *catridge* bila diaplikasikan. Selain itu, banyaknya arang mentah yang dihasilkan juga berpotensi pada banyak-

TABEL 2. Hasil uji tinta *printer* pada variabel waktu karbonisasi.

Waktu Karbonisasi (Jam)	Viskositas (cP)	Densitas (g/cm ³)	Transmitansi Cahaya (Lux)
1	0,9069	0,9936	0
2	0,9767	1,0772	0
3	0,9609	1,0568	0
4	0,9895	1,0840	0

nya VOC dalam kandungan arang.

Analisis uji FTIR pada arang hasil karbonisasi menunjukkan semakin kecilnya indeks ikatan dari puncak 3660 cm⁻¹ yang merupakan puncak gabungan dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang berasal dari TKKS. Bahkan serapan puncak tersebut hilang akibat proses karbonisasi selama 3 dan 4 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak terjadi pemutusan rantai selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selain itu, dari hasil spektra karbon setelah karbonisasi ditemukan adanya *xylene* dalam bentuk *m-xylene* dan *o-xylene* yang kemungkinan besar muncul akibat dekomposisi lignin, sehingga dapat dikatakan bahwa proses karbonisasi telah mengubah sebagian serat lignoselulosa pada TKKS menjadi senyawa aromatik (VOC). Spektra FTIR terlihat pada Gambar 2. Hasil perhitungan absorbansi dan indeks dari spektra FTIR arang dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil pada Tabel 1 membuktikan bahwa dengan proses karbonisasi, lignoselulosa dapat terurai menjadi senyawa-senyawa penyusunnya, hingga pada akhirnya terbentuk karbon dan beberapa senyawa *xylene*. Pembentukan *xylene* ditandai dengan munculnya puncak 1559,81 cm⁻¹ yang merupakan puncak gabungan C=C dan C-H milik *xylene*, beserta berkurangnya serapan angka gelombang 3660 cm⁻¹ yang merupakan ciri ikatan utama milik selulosa, hemiselulosa dan lignin (Hospodarova dkk. 2018). Oleh karena masih banyaknya senyawa *xylene* pada arang hasil karbonisasi selama 4 jam maka hal ini menunjukkan bahwa proses karbonisasi belum maksimal untuk mengubah lignin dan VOC menjadi arang, sehingga proses karbonisasi perlu diperpanjang waktunya agar tinta *printer* yang dihasilkan nantinya bisa bebas ataupun minim dari senyawa *xylene* yang merupakan penyebab tinta tidak ramah lingkungan dan kesehatan manusia.

3.2 Hasil uji viskositas, densitas dan transmitansi cahaya

Uji viskositas pada riset ini dilakukan dengan menggunakan alat *viscometer oswald* dengan satuan Centipoise (cP) yang bertujuan untuk melihat kekentalan pada tinta yang dihasilkan. Kekentalan atau ukuran tekanan dari produk tinta yang diperoleh dapat mempengaruhi *printer* dan hasil cetakkannya. Tinta yang dihasilkan diharapkan tidak terlalu kental atau terlalu encer karena dapat menimbulkan sumbatan atau endapan pada mesin *printer* yang akan digunakan. Ni-

lai viskositas tinta sesuai dengan SNI No. 06-1567-1999 berkisar antara 1,1-1,3 cP. Uji densitas juga dilakukan pada setiap sampel untuk setiap variabel. Kerapatan merupakan perbandingan berat dengan volume fluida. Kerapatan pada tinta dapat dipengaruhi dari jenis dan jumlah bahan baku yang digunakan pada sampel. Sebagian besar kerapatan disebabkan oleh tinggi rendahnya jumlah pigmen yang dihasilkan dalam tinta. Apabila massa dari suatu zat yang digunakan semakin tinggi maka densitas yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Proses pengujian densitas pada riset ini dilakukan dengan alat piknometer dengan alat bantu neraca analitis sebagai alat ukur berat sampel dan piknometer. Nilai densitas tinta sesuai SNI No. 06-1567-1999 adalah 0,9-1 gram/cm³. Di samping itu, pengujian transmitansi cahaya dilakukan dengan menggunakan alat *Lux meter* digital LCD 2000 merk UNI-T UT383 dengan nilai taraf intensitas cahaya sesuai SNI ISO 2846-2:2017 mengenai Teknologi Gramafika Warna dan Transparansi Tinta Cetak sebesar -15 lux. Hasil uji ini digunakan untuk melihat besarnya taraf intensitas cahaya yang dihasilkan masing-masing sampel. Uji viskositas, densitas dan transmitansi cahaya pada riset ini dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap sampel agar diperoleh hasil uji yang konstan dan akurat seperti yang terlihat pada Tabel 2 hingga Tabel 5.

Tabel 2 menunjukkan perbedaan hasil viskositas, densitas dan transmitansi cahaya untuk setiap sampel pada variabel waktu karbonisasi yang dibuat dari komposisi 2 g karbon, 3,5 g *gum arab* dan 22,5 mL aquadest. Pada Tabel 2, dapat dilihat nilai viskositas yang mendekati SNI terdapat pada sampel 4 jam sebesar 0,9895 cP dengan nilai densitas sebesar 1,0840 g/cm³. Sementara untuk uji transmitansi cahaya keseluruhan sampel menghasilkan nilai 0, karena alat *Lux meter* digital ini dimulai dari 0. Oleh karena itu, nilai 0 adalah nilai terkecil atau terendah pada alat uji transmitansi cahaya tersebut. Dari hasil analisa ini dapat disimpulkan bahwa waktu karbonisasi yang tepat untuk pembuatan tinta *printer* yang mendekati standar adalah sampel empat jam.

Tabel 3 menunjukkan perbedaan hasil viskositas, densitas dan transmitansi cahaya untuk setiap sampel pada variabel massa karbon yang dibuat dari komposisi 4 jam waktu karbonisasi, 3,5 g *gum arab* dan 22,5 mL aquadest. Pada Tabel 3, dapat dilihat nilai viskositas yang mendekati SNI terdapat

TABEL 3. Hasil uji tinta *printer* pada variabel massa karbon.

Massa Karbon (g)	Viskositas (cP)	Densitas (g/cm ³)	Transmitansi Cahaya (Lux)
2	0,9895	1,0840	0
3	0,9730	1,0794	0
4	0,9780	1,0819	0
5	1,0035	1,1165	0

TABEL 4. Hasil uji tinta *printer* pada variabel massa *gum arab*.

Massa Gum Arab (g)	Viskositas (cP)	Densitas (g/cm ³)	Transmitansi Cahaya (Lux)
2	0,9027	1,0430	0
2,5	0,9374	1,0585	0
3	0,9304	1,0691	0
3,5	0,9857	1,0840	0

TABEL 5. Hasil uji tinta *printer* pada variabel volume aquadest.

Volume Aquadest (mL)	Viskositas (cP)	Densitas (g/cm ³)	Transmitansi Cahaya (Lux)
15	0,9687	1,0948	0
17,5	0,9807	1,0880	0
20	0,9200	1,0608	0
22,5	0,9857	1,0840	0

pada sampel 2 g karbon sebesar 0,9895 cP dengan nilai densitas sebesar 1,0840 g/cm³. Sementara untuk uji transmitansi cahaya keseluruhan sampel menghasilkan nilai 0, karena alat *Lux meter* digital ini dimulai dari 0. Oleh karena itu, nilai 0 adalah nilai terkecil atau terendah pada alat uji transmitansi cahaya tersebut. Dari hasil analisa ini dapat disimpulkan bahwa massa karbon yang tepat untuk pembuatan tinta *printer* yang mendekati standar adalah sampel 2 g karbon.

Tabel 4 menunjukkan perbedaan hasil viskositas, densitas dan transmitansi cahaya untuk setiap sampel pada variabel massa *gum arab* yang dibuat dari komposisi 4 jam waktu karbonisasi, 2 g karbon dan 22,5 mL aquadest. Pada Tabel 4, dapat dilihat nilai viskositas yang mendekati SNI terdapat pada sampel 3,5 g *gum arab* sebesar 0,9895 cP dengan nilai densitas sebesar 1,0840 g/cm³. Sementara untuk uji transmitansi cahaya keseluruhan sampel menghasilkan nilai 0, karena alat *Lux meter* digital ini dimulai dari 0. Oleh karena itu, nilai 0 adalah nilai terkecil atau terendah pada alat uji transmitansi cahaya tersebut. Dari hasil analisa ini dapat disimpulkan bahwa massa *gum arab* yang tepat untuk pembuatan tinta *printer* yang mendekati standar adalah sampel 3,5 g *gum arab*.

Tabel 5 menunjukkan perbedaan hasil viskositas, densitas dan transmitansi cahaya untuk setiap sampel pada variabel volume aquadest yang dibuat dari komposisi 4 jam waktu karbonisasi, 2 g karbon dan 3,5 g *gum arab*. Pada Tabel 5, dapat dilihat nilai viskositas yang mendekati SNI terdapat pada sampel 22,5 mL aquadest sebesar 0,9857 cP dengan nilai densitas sebesar 1,0840 g/cm³. Sementara untuk uji transmitansi cahaya keseluruhan sampel menghasilkan nilai 0, karena alat *Lux meter* digital ini dimulai dari 0 dan tidak berlaku nilai negatif. Oleh karena itu, nilai 0 adalah nilai terkecil atau terendah pada alat uji transmitansi cahaya tersebut. Dari hasil analisa ini dapat disimpulkan bahwa volume aquadest yang tepat untuk pembuatan tinta *printer* yang mendekati standar adalah sampel 22,5 mL aquadest.

Dari masing-masing analisa yang telah dilakukan pada setiap variabel sampel maka dapat disimpulkan bahwa komposisi yang tepat untuk pembuatan tinta *printer* organik terdapat pada sampel dengan waktu karbonisasi 4 jam, 2 g karbon yang dilarutkan dalam 5 mL alkohol dengan 3,5 g *gum arab* yang dilarutkan pada 22,5 mL aquadest.

3.3 Hasil uji daya rekat/adhesi

Uji adhesi adalah proses pengujian daya rekat pada substrat yang dilakukan dengan menggunakan metode *cross-cut tape test* (Rengganis dkk. 2017). Metode tersebut dilakukan dengan menggoreskan tinta *printer* dari setiap sampel pada substrat jenis kertas dan menempelkan lakban berwarna putih pada sampel lalu ditarik secara perlahan. Substrat yang digunakan untuk pengujian adhesi ini adalah substrat jenis kertas HVS A4. Uji ini bertujuan untuk melihat daya rekat tinta pada kertas dan mengukur tingginya daya lekat yang dihasilkan dengan adanya penggunaan *gum arab* sebagai perekat yang semakin banyak. Tinta *printer* yang baik merupakan tinta yang memiliki sifat adhesi yang tinggi pada kertas, mudah diserap sehingga tinta tidak melebar ke bagian kertas yang tidak diinginkan.

Dari Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa penggunaan *gum arab* dengan komposisi 3,5 g sudah sesuai dengan hasil adhesi/uji rekat tinta pada substrat jenis kertas. Berdasarkan uji tersebut, dapat dilihat secara visual, bahwa sampel 2 g karbon dengan 22,5 mL aquadest lebih mendominasi daya rekat tintanya dibandingkan dengan sampel tinta lainnya dan keseluruhan sampel tinta tidak melebar pada kertas. Hasil detail untuk uji variabel ini, antara lain: untuk variasi 4A, tinta tersebut mengandung 2 gram *gum arab* yang mengakibatkan tinta yang menempel pada lakban cukup banyak, hal ini menunjukkan tinta belum terserap dengan baik pada kertas;



GAMBAR 3. Goresan tinta TKKS pada kertas HVS A4 (4A sampai 4D dilihat dari Kiri ke Kanan).

untuk variasi 4B, tinta tersebut mengandung 2,5 gram *gum* arab yang mengakibatkan tinta yang menempel pada lakban masih cukup banyak, hal ini menunjukkan tinta belum terserap dengan baik pada kertas; untuk variasi 4C: tinta tersebut mengandung 3 gram *gum* arab yang menunjukkan bahwa tinta terserap cukup baik pada kertas dengan tinta yang sedikit menempel pada lakban; dan untuk variasi 4D, tinta tersebut mengandung 3,5 gram *gum* arab yang menunjukkan bahwa tinta terserap dengan baik pada kertas dengan sedikitnya tinta yang menempel pada lakban.

3.4 Hasil uji performa tinta

Uji performa tinta dengan bahan baku TKKS dilakukan dengan menggunakan alat cetak *printer* merk Canon Pixma MP287. Gambar 3 merupakan hasil uji cetak yang menunjukkan bahwa tinta karbon dari TKKS dapat digunakan dengan baik sebagai alternatif tinta *printer* komersial. Pada dasarnya produk yang dihasilkan sudah baik dan memenuhi beberapa standar SNI tinta yang ada saat ini yakni daya rekat dan hasil cetak pada kertas HVS A4. Keunggulan lain dari tinta *printer* TKKS ini yakni tidak berbau dan tidak melebar ketika pencetakan pada kertas.

4. KESIMPULAN

Pigmen organik yang dibuat dari TKKS sebagai bahan baku pembuatan tinta *printer* menjadi langkah yang tepat untuk mengurangi penggunaan tinta *printer* sintetis yang banyak mengandung *xylene* dalam campurannya. Dari hasil riset diperoleh komposisi yang tepat ialah sebanyak 2 g karbon yang dilarutkan dalam 5 mL alkohol dengan perekat 3,5 g *gum* arab dalam 22,5 mL aquadest. Hasil uji tinta TKKS dengan komposisi terbaik tersebut menghasilkan nilai viskositas sebesar 0,9895 cP, densitas sebesar 1,0840 g/cm³ dengan nilai transmitansi cahaya sebesar 0 dan sifat adhesi yang telah sesuai dengan standar SNI ISO 2846-2:2017 dan SNI No. 06-1567-1999, namun perlu ada perbaikan dari hasil uji viskositas, karena viskositas yang didapatkan masih rendah. Sementara untuk hasil uji cetak, tinta *printer* yang dihasilkan telah memberikan hasil cetak dan warna yang baik seperti halnya pada tinta komersial yang dijual di pasaran.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemdikbudristek) Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi (DIKSI) yang telah memberikan pendanaan pada Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Tahun 2024 untuk riset ini, serta kepada Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri (TRKI) dan

Program Studi Perawatan Mesin Pengolah Hasil Perkebunan (PMPHP) Politeknik LPP Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprianti Y, Khairul K, Khairun N, Lestari Hetalesi S. 2021. Potensi pelepah daun kelapa sawit untuk pembuatan tinta printer. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST). p. 15–21.
- Hospodarova V, Eva S, Nadezda S. 2018. Characterization of cellulosic fibers by FTIR spectroscopy for their further implementation to building materials. *American Journal of Analytical Chemistry*. 09(06):303–310. doi:10.4236/ajac.2018.96023.
- Ismail A. 2021. Senyawa organik mudah menguap (volatile organic compound).
- Pratama YA, Sutresna J, Ratih K. 2022. Efektivitas limbah kulit bawang putih sebagai pigmen organik dalam pembuatan tinta spidol. *Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri*. 9(2):126–133. doi:10.33592/unistek.v9i2.2796.
- Putri MA, Serly Dinda A, Syariah Hilalayah P, Abdurrozzaq H. 2023. Analisis pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai pupuk bagi masyarakat simandiangan Kab. Labuhanbatu Selatan. *Zahra: Journal of Health and Medical Research*. 3(3):408–412.
- Rahayu F, Mala M, Nurindah. 2019. Pemanfaatan lignin dari biomassa rami, kenaf, dan agave untuk sumber bioenergi. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat, & Minyak Industri*. 11(2):73–85. doi:10.21082/btism.v11n2.2019.73.
- Rahmasita ME, Moh F, Hosta A. 2017. Analisa morfologi serat tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan penguat komposit absorpsi suara. *Jurnal Teknik ITS*. 6(2):A584–A588. doi:10.12962/j23373539.v6i2.24332.
- Rengganis AP, Sulhadi S, Teguh D, Dhamar Putra F. 2017. Fabrikasi tinta spidol whiteboard berbahan dasar pigmen organik dari endapan minuman kopi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017*. volume VI. p. 105–112. doi:10.21009/03.snf2017.02.mps.17.
- Solihudin S, Haryono H, Atiek Rostika N, Muhammad Rizky R. 2020. Pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik komposit forsterit-karbon tersintesis dalam medium gas argon. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. 16(2):163–170. doi:10.20961/alchemy.16.2.34845.163-170.
- Waters CL, Rajiv R J, Richard G M, Lance L L. 2017. Staged thermal fractionation for segregation of lignin and cellulose pyrolysis products: an experimental study of residence time and temperature effects. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 126(December 2016):380–389. doi:10.1016/j.jaap.2017.05.008.