

## Pengaruh Variasi Konsentrasi Karbon Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Tinta Spidol *Whiteboard* Ramah Lingkungan

### *The Effect of Variations in Coconut Shell Carbon Concentration on the Characteristics of Environmentally Friendly Whiteboard Marker Inks*

Tatit Febrian Rahayu, Siti Fatimah\*

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Sukoharjo, Jawa Tengah

\*E-mail: [sf120@ums.ac.id](mailto:sf120@ums.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v4i2.86>

Received: 27 Oct 2021, Revised: 30 Nov 2021, Accepted: 30 Nov 2021, Online: 30 Nov 2021

#### Abstrak

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki sumber daya alam yang melimpah. Salah satunya yaitu buah kelapa (*Cocos nucifera*). Semua bagian dari buah kelapa dapat diambil manfaatnya. Meski demikian, ada juga bagian yang menjadi limbah misalnya serabut dan tempurung kelapa. Tempurung kelapa dapat diolah menjadi karbon aktif karena memiliki kandungan unsur karbon sebanyak 74,3%. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai bahan baku utama pembuatan tinta spidol *whiteboard* yang ramah lingkungan. Variasi karbon yang digunakan yaitu 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, dan 35 % dalam 100 ml larutan. Tahap pembuatan tinta spidol *whiteboard* ini meliputi karbonisasi tempurung kelapa, kemudian serbuk karbon diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*. Serbuk karbon dicampurkan dengan 5 gram gum arab, 15 ml Polietilen glikol (PEG), 50 ml aquades, dan 35 ml alkohol 70% lalu diaduk hingga homogen. Setelah homogen, tinta diuji karakteristiknya. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, tinta karbon tempurung kelapa terbaik pada konsentrasi karbon 35% dengan hasil densitas sebesar 1,2206 g/cm<sup>3</sup>, viskositas sebesar 2,568 cP, kadar pH sebesar 9,967 (bersifat basa) dan memiliki pigmen warna hitam yang cukup pekat.

**Kata kunci :** karakteristik, karbon, tempurung kelapa, tinta spidol *whiteboard*

#### Abstract

Indonesia is a tropical country with abundant natural resources. One of them is coconut (*Cocos nucifera*). All parts of the coconut fruit can be used. However, there are also parts that become waste, such as coconut fibers and shells. Coconut shells can be processed into activated carbon because it has a carbon element content of 74.3%. This research aims to use coconut shell waste as a raw material to make environmentally friendly whiteboard marker ink. The carbon variations used were 15%, 20%, 25%, 30%, and 35% in 100 ml of solution. The steps to make whiteboard marker ink include carbonization of coconut shells, and then use a 100-mesh sieve to screen the carbon. Mix the carbon with 5 grams of gum arabic, 15 ml of polyethylene glycol (PEG), 50 ml of distilled water, and 35 ml of 70% alcohol and stir until uniform. After being homogenous, the characteristics of the ink are tested. From the results of research that has been carried out, the best coconut shell carbon ink is at a carbon concentration of 35% with a density of 1.2206 g/cm<sup>3</sup>, a viscosity of 2.568 cP, a pH level of 9.967 (alkaline) and has a concentrated black pigment.

**Keywords :** characteristics, carbon, coconut shell, whiteboard marker ink

## 1 Pendahuluan

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan tanaman yang memiliki batang yang lurus dan tinggi serta buah yang cukup besar. Di Indonesia sendiri, tanaman kelapa tumbuh subur dan merata di wilayah Pulau Jawa, Kalimantan, Sumatra, Sulawesi dan Irian Jaya [1]. Bagian pada buah kelapa terdiri dari serabut, tempurung, daging, dan air kelapa. Serabut kelapa memiliki tekstur berserat dengan ketebalan 5 cm yang membungkus bagian luar buah kelapa. Setelah serabut terdapat tempurung kelapa yang tebalnya sekitar 3,5 mm. Berat tempurung kelapa berkisar antara 15% - 19% dari berat kelapa. Ukuran tempurung kelapa sangat dipengaruhi oleh umur serta perkembangan tanaman kelapa. Ukuran tempurung kelapa mempengaruhi ukuran buah kelapa [2].

Kelapa merupakan tanaman serbaguna yang nilai ekonomisnya cukup tinggi. Semua bagian pohon memiliki banyak manfaat mulai dari akar, batang, daun dan buahnya. Pohon kelapa memiliki sejuta manfaat, selain dagingnya dapat dimakan juga dapat dikeringkan sebagai bahan baku pembuatan minyak kelapa (kopra) dan hasil samping dari industri kopra adalah tempurung kelapa. Tempurung kelapa sebenarnya merupakan endokarp buah kelapa merupakan limbah dari kelapa, sering digunakan sebagai bahan bakar dan bahan baku kerajinan [3]. Secara umum, tempurung kelapa memiliki karakteristik sebagai berikut [4] :

**Tabel 1.** Karakteristik tempurung kelapa

Karakteristik	Persentase (%)
Kadar air	7,8
Kadar abu	0,4
Kadar mineral mudah menguap	80,8
Karbon	18,8

Salah satu produk olahan tempurung kelapa yang terkenal adalah karbon aktif. Karbon aktif tempurung kelapa memiliki banyak keunggulan antara lain memiliki kekerasan tinggi dan mudah ditangani. Luas permukaan lebih dari 1500 meter/g. Memiliki daya serap tinggi, kadar abu rendah, dan kemurnian tinggi [5]. Tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan juga dapat diolah menjadi sumber karbon atau karbon aktif. Komponen penyusun tempurung kelapa terdiri dari [6]:

**Tabel 2.** Komponen penyusun tempurung kelapa

Komponen	Persentase (%)
C	74,3
O	21,9
Si	0,2
K	1,4
S	0,5
P	1,7

Dengan adanya kandungan karbon yang tinggi, maka kualitas karbon aktif dari tempurung kelapa tidak diremehkan lagi. Menurut Jamilatun dan Setyawan [7], karbon aktif merupakan karbon amorf yang tersusun oleh atom-atom C yang terikat kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C (karbon). Luas permukaannya berkisar antara 300 m<sup>2</sup>/g - 3500 m<sup>2</sup>/g. Karbon aktif memiliki struktur pori internal sehingga memiliki sifat sebagai adsorben.

Terdapat beberapa komponen kimia yang terkandung di dalam tempurung kelapa. Kandungan komponen kimia pada tempurung kelapa terdiri dari [8] :

**Tabel 3.** Komponen kimia tempurung kelapa

Komponen	Persentase (%)
Hemiselulosa	21
Lignin	27
Selulosa	34

Selulosa jika dipanaskan pada suhu yang tinggi dapat menghasilkan karbon yang memiliki pigmen warna hitam dan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan tinta.

Tinta dapat didefinisikan sebagai cairan atau pasta yang mengandung pigmen atau warna yang dapat digunakan untuk mewarnai, menulis teks, gambar, atau desain. Tinta merupakan sistem koloid dari partikel pigmen halus yang terdispersi dalam pelarut [9]. Tinta merupakan media kompleks yang terdiri dari pewarna, partikel, pelarut, pelumas, pigmen, resin, surfaktan, fluoresensi, dan bahan lain [10].

Tinta spidol yang biasanya beredar di pasaran banyak mengandung zat berbahaya. Beberapa tinta di antaranya mengandung *Volatiles Organic Compounds* (VOC) dalam jumlah yang besar. *Xylene* atau *dimetilbenzene* merupakan contoh senyawa VOC yang terdapat dalam tinta spidol yang biasanya digunakan sebagai pelarut dalam industri dan teknologi medis [11]. *Xylene*



menghasilkan bau yang sangat khas pada tinta. Penggunaan *xylene* secara terus-menerus akan mengakibatkan permasalahan yang serius. Efek yang dapat ditimbulkan dalam pemakaian *xylene* pada jangka pendek dapat mempengaruhi pernapasan, pusing, sakit kepala, dan kehilangan memori. Sedangkan efek jangka panjangnya dapat mengakibatkan gangguan pada otak secara permanen, gangguan pada hati, gangguan pada ginjal, dan gangguan pada sistem saraf pusat [12].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari variasi penambahan konsentrasi karbon tempurung kelapa terhadap karakteristik tinta spidol yang dihasilkan. Pada penelitian ini, karakteristik tinta yang diuji yaitu densitas, viskositas, pH, dan pigmen tinta. Setelah mengetahui komposisi karbon yang tepat, diharapkan tinta tempurung kelapa dapat digunakan sebagai tinta yang lebih ramah lingkungan.

## 2 Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa yang diperoleh dari jasa pamarutan daging kelapa di daerah Eromoko, Wonogiri. Bahan tambahan lainnya yaitu gum arab, aquades, Polietilen glikol (PEG), dan alkohol 70%. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan 100 *mesh*, blender, cawan porselen, corong kaca, desikator, *furnace*, gelas beker, gelas ukur, *hot plate*, *magnetic stirrer*, neraca analitik, oven, pengaduk, pH meter, pipet tetes, pipet ukur, dan viskometer. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta.

### 2.2 Tahapan Penelitian

#### 2.2.1 Karbonisasi

Tempurung kelapa dibersihkan terlebih dahulu dengan cara dicuci. Tempurung kelapa yang sudah bersih kemudian didehidrasi di dalam oven selama 4 jam dengan suhu 140°C. Proses karbonisasi dilakukan dengan cara membakar tempurung kelapa menggunakan *furnace* hingga menjadi arang atau karbon selama 2 jam pada suhu 400°C. Selanjutnya, arang hasil pembakaran di blender hingga halus kemudian dilakukan proses *screening* (pengayakan) dengan menggunakan ayakan 100 *mesh*.

#### 2.2.2 Proses Pembuatan Tinta

Pembuatan tinta spidol dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk karbon tempurung kelapa yang telah diayak dengan 50 ml aquades,

35 ml alkohol 70%, 5 gram gum arab, dan 15 ml Polietilen glikol (PEG). Karena gum arab bersifat hidrofilik, maka harus dilarutkan terlebih dahulu di dalam air bersuhu 80-90°C. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* di atas *hot plate* hingga homogen. Pada pembuatan tinta ini konsentrasi karbon divariasikan yaitu 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%. Perbedaan variasi ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan karakteristik tinta pada setiap variasi.

#### 2.2.3 Uji Karakteristik Tinta

##### Densitas

Uji densitas dilakukan dengan mengukur massa tinta di dalam piknometer menggunakan neraca analitik. Massa jenis suatu benda adalah massa benda dibagi dengan volumenya [13]. Setelah didapatkan massa dan volume tinta, maka densitas dapat dihitung dengan persamaan :

$$\rho = \frac{\text{Massa tinta}}{\text{Volume tinta}} \quad (\text{persamaan 1})$$

Di mana  $\rho$  menyatakan densitas tinta (gram/ml)

##### Viskositas

Uji viskositas dilakukan dengan menggunakan Metode Oswald, di mana tinta diukur dengan viskometer dan didapatkan data waktu alir dari tinta. Uji viskositas bertujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan tinta. Sehingga viskositas tinta dapat dihitung dengan persamaan [14] :

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho \cdot t}{\rho_0 \cdot t_0} \quad (\text{persamaan 2})$$

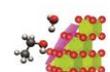
Di mana  $\eta$  menyatakan viskositas tinta (g/cm.s),  $\eta_0$  menyatakan viskositas air (g/cm.s),  $\rho$  menyatakan densitas tinta (g/cm<sup>3</sup>),  $\rho_0$  menyatakan densitas air (g/cm<sup>3</sup>),  $t$  menyatakan waktu yang dibutuhkan tinta untuk turun (s), dan  $t_0$  menyatakan waktu yang dibutuhkan air untuk turun (s).

##### pH Tinta

Uji pH tinta spidol dapat diukur dengan menggunakan pH meter. Langkah yang dilakukan yaitu larutan tinta yang telah dibuat dituangkan ke dalam gelas beker kemudian pH meter dicelupkan ujungnya hingga muncul nilai kadar pH pada layar monitor.

##### Pigmen Tinta

Uji pigmen tinta dilakukan dengan cara menorehkan cairan tinta pada permukaan kertas putih polos, sehingga didapatkan perbedaan

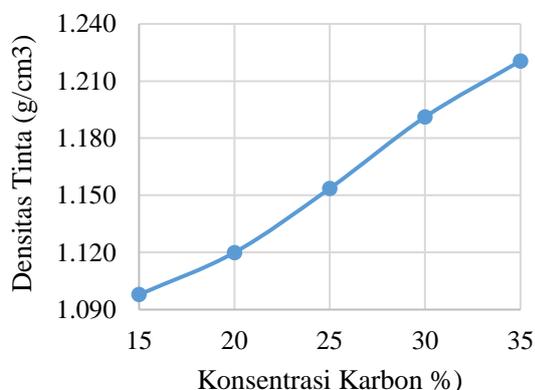


pigmen tinta di setiap variasi konsentrasi karbon tempurung kelapa.

### 3 Hasil dan Diskusi

#### 3.1 Densitas Tinta

Menurut Rengganis, dkk [15], densitas merupakan perbandingan antara massa suatu zat dengan volumenya. Meningkatnya massa suatu zat juga dapat meningkatkan nilai densitas. Densitas tinta berbanding terbalik dengan ukuran partikel pigmen. Jika ukuran partikel semakin kecil maka nilai densitas akan meningkat. Kerapatan tinta mempengaruhi tingkat penggumpalan tinta. Semakin kecil densitas (tidak rapat) maka gumpalannya juga semakin kecil dan sedikit.

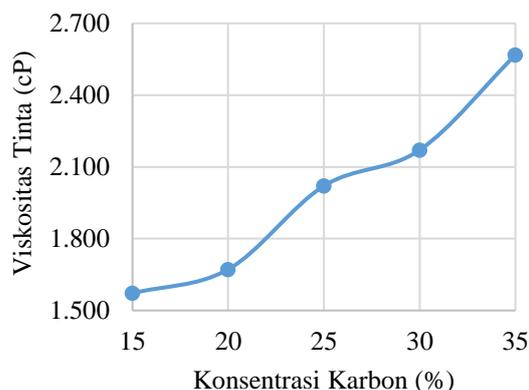


**Gambar 1.** Hubungan densitas tinta dengan konsentrasi karbon

Berdasarkan Gambar. 1, dapat diketahui bahwa hubungan antara konsentrasi karbon tempurung kelapa berbanding lurus dengan densitas tinta. Semakin besar konsentrasi karbon tempurung kelapa, maka semakin besar pula densitas tinta. Dengan menggunakan rumus persamaan 1, diperoleh nilai densitas pada variasi karbon 15% sebesar 1,0979 g/cm<sup>3</sup>, variasi 20% sebesar 1,1200 g/cm<sup>3</sup>, variasi 25% sebesar 1,1536 g/cm<sup>3</sup>, variasi 30% sebesar 1,1912 g/cm<sup>3</sup>, dan pada variasi 35% sebesar 1,2206 g/cm<sup>3</sup>. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Fatimah, Mustika, dan Pratiwi [16] yaitu pembuatan tinta spidol dari kulit pisang dan kulit ubi bahwa hubungan antara konsentrasi karbon kulit pisang dan kulit ubi berbanding lurus dengan densitas tinta. Hasil tersebut hampir mendekati standar densitas yang ditentukan SNI tinta dengan nomor 06-1567-1999 yaitu 0,91 g/cm<sup>3</sup>. Perbedaan ini dapat disebabkan karena *human error* misalnya kesalahan saat mengukur volume tinta atau gum arab belum terlarut.

#### 3.2 Viskositas Tinta

Viskositas atau kekentalan merupakan besar kecilnya gesekan dalam suatu fluida. Jika nilai viskositas semakin besar, maka fluida semakin sulit untuk mengalir dan mempersulit gerak benda dalam fluida tersebut [17]. Menurut Anova dan Muchtar [11], nilai viskositas dapat mempengaruhi kualitas tinta. Tinta tidak boleh terlalu kental karena dapat menyebabkan tinta akan sulit mengalir. Tinta yang terlalu encer juga dapat mengurangi kepekatan pigmen hitam tinta yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi karbon, semakin tinggi viskositas tinta. Viskositas berbanding lurus dengan kepadatan, di mana semakin banyak konsentrasi karbon yang digunakan, semakin tebal tintanya [16]. Menurut Mahajan dan Bandyopadhyay [18], saat konsentrasi tinta meningkat, sifat flokulasinya juga akan meningkat yang dapat menghasilkan gaya gesek tinggi karena tarikan antar partikel.



**Gambar 2.** Hubungan viskositas tinta dengan konsentrasi karbon

Pada Gambar 2 di atas, dapat diketahui bahwa hubungan antara konsentrasi karbon tempurung kelapa berbanding lurus terhadap viskositas tinta. Nilai viskositas tinta yang dihasilkan semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi karbon tempurung kelapa yang digunakan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Fatimah, Mustika, dan Pratiwi [16] yaitu pembuatan tinta spidol dari kulit pisang dan kulit ubi bahwa hubungan antara konsentrasi karbon kulit pisang dan kulit ubi berbanding lurus dengan viskositas tinta.

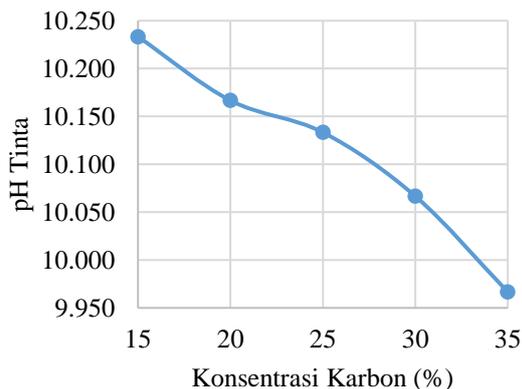
Pada variasi karbon 15% diperoleh nilai viskositas sebesar 1,572 cP, variasi 20% sebesar 1,672 cP, variasi 25% sebesar 2,021 cP, variasi 30% sebesar 2,170 cP, dan pada variasi 35% sebesar 2,568 cP. Hasil tersebut mendekati SNI tinta dengan nomor 06-1567-1999 sebesar 1,12



cP. Hal ini mungkin dapat terjadi karena gum arab belum terlarut atau terkontaminasi. Pada suhu tertentu, gum arab dapat terdegradasi sehingga efisiensi emulsifikasi dan viskositasnya dapat berkurang. Hal ini diduga karena adanya komponen yang rusak ketika dipanaskan.

### 3.3 pH Tinta

Uji pH tinta bertujuan untuk mengetahui kadar pH suatu tinta. Apakah tinta memiliki sifat asam atau basa. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pH meter.



**Gambar 3.** Hubungan pH tinta dengan konsentrasi karbon

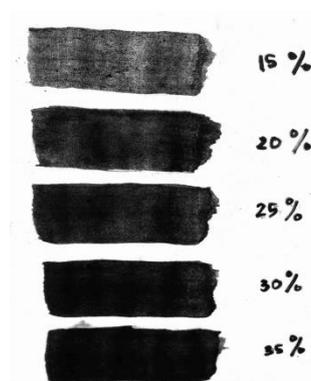
Pada Gambar 3 di atas, dapat diketahui bahwa hubungan antara konsentrasi karbon tempurung kelapa berbanding terbalik dengan pH tinta. Semakin besar konsentrasi karbon tempurung kelapa yang digunakan maka semakin rendah tingkat pH tinta. Tingkat pH tinta tidak boleh terlalu rendah karena dapat mengakibatkan gangguan seperti iritasi pada kulit sehingga diharapkan pH tinta tidak bersifat asam [19]. Tinta yang baik harus memiliki pH netral hingga basa, karena tinta yang asam akan bersifat korosif. Kisaran pH yang baik untuk tinta adalah netral hingga basa. Spesies ada sebagai bermuatan positif dalam larutan yang memiliki konsentrasi ion  $H^+$  yang tinggi [20].

Perbedaan nilai pH dapat disebabkan karena bahan baku pendukung yang ditambahkan ke dalam campuran ada yang bersifat asam dan juga basa, antara lain PEG dengan rentang pH 5 - 8, alkohol 70% dengan rentang pH 7,33, dan gum arab dengan rentang pH 3,9 - 4,9. Pada variasi karbon 15% diperoleh tingkat pH tinta sebesar 10,233; variasi 20% sebesar 10,167; variasi 25% sebesar 10,133; variasi 30% sebesar 10,067; dan pada variasi 35% sebesar 9,967. Penurunan rentang pH tinta dapat disebabkan karena adanya penambahan unsur karbon. Jika dibandingkan

dengan pH tinta spidol isi ulang yang laku di pasaran, pH tinta tempurung kelapa jauh lebih besar. Tinta isi ulang memiliki pH 4,83 atau bersifat asam. Dapat disimpulkan bahwa tinta dari tempurung kelapa aman digunakan karena memiliki pH basa [21].

### 3.4 Pigmen Tinta

Salah satu komponen penyusun tinta adalah pewarna atau pigmen. Pewarna atau pigmen berfungsi untuk memberi warna pada tinta dan membentuk tinta [22]. Densitas dan viskositas berpengaruh terhadap pigmen tinta yang akan dihasilkan. Semakin besar densitas dan viskositas tinta, maka pigmen tinta yang dihasilkan juga akan semakin pekat [23].



**Gambar 4.** Hubungan pigmen tinta dengan konsentrasi karbon

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi karbon tempurung kelapa menyebabkan pigmen tinta semakin hitam. Tinta paling hitam terdapat pada variasi konsentrasi 35%. Perbedaan tingkat pigmen dapat disebabkan karena pengaruh persebaran partikel pigmen. Semakin tinggi konsentrasi karbon tempurung kelapa maka partikel pigmen tersebut semakin banyak. Jika partikel pigmen semakin banyak maka partikelnya menjadi lebih rapat. Rapat dan meratanya partikel pigmen dapat menghasilkan warna hitam yang lebih pekat karena partikel tersebut membawa warna karbon yaitu hitam [16].

## 4 Kesimpulan

Tempurung kelapa dapat dijadikan bahan alternatif sebagai bahan baku pembuatan tinta spidol *whiteboard* yang ramah lingkungan. Tinta tempurung kelapa yang baik dari hasil penelitian ini yaitu pada variasi karbon 35% dengan nilai densitas sebesar  $1,2206 \text{ g/cm}^3$ , nilai viskositas sebesar 2,568 cP, pH sebesar 9,967, dan memiliki pigmen warna hitam yang paling gelap.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada staf Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta yang sudah membantu sehingga penelitian ini berjalan dengan baik dan lancar.

### Daftar Pustaka

- [1] Nustini Y, Allwar. Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Menjadi Arang Tempurung Kelapa dan Granular Karbon Aktif Guna Meningkatkan Kesejahteraan Desa Watuduwur, Bruno, Kabupaten Purworejo \_ Nustini \_ Asian Journal of Innovation and Ent. Asian J Innoption Entrepreneursh. 2019;4(3):217–26.
- [2] Suhartana. Pemanfaatan Sekam Padi sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Asinan Kecamatan Bawen Kabupaten Semarang. J Kim Sains dan Apl. 2007;10(3).
- [3] Yulianto B, Kurnia G, Jamari J, Bayuseno AP. Design of Eco-Friendly Pen Made of Coconut Shell Waste. E3S Web Conf. 2019;125(2019):8–12.
- [4] Pujiyanto. Pembuatan karbon aktif super dari batubara dan tempurung kelapa. Tesis. 2010;Depok: Uni:20275036.
- [5] Setiawati E, Suroto. Pengaruh Bahan Aktivator Pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. J Ris Ind Has Hutan. 2010;2(1).
- [6] Suci M, Zulkarnain P. Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau. 2018;4:45–67.
- [7] Jamilatun S, Setyawan M. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. Spektrum Ind. 2014;12(1):73.
- [8] Tamado D, Budi E, Wirawan R, Dwi H, Tyaswuri A, Sulistiani E, et al. Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. 2013;73–81.
- [9] Po N, Fu N, Iliyasu N. Erasable Ink Production for White Board Marker Using Locally Sourced Dye. 2018;
- [10] Powar P V, Lagad SB, Ambikar RB, Sharma PH. Herbal Ink : Safe , Easy and Ecofriendly Alternative. 2014;6(2).
- [11] Anova IT, Muchtar H-. Pemanfaatan Gambir sebagai Bahan Dasar Pembuat Tinta Spidol Ramah Lingkungan. J Litbang Ind. 2017;7(2):101.
- [12] Nurgesang FA. Pengembangan Penghapus Papan Tulis Putih Menggunakan Metode TRIZ. Teknoin. 2019;25(1):31–44.
- [13] Tipler PA. Fisika Untuk Sains dan Teknik. Vol. 3, Jakarta: Erlangga. 1998.
- [14] Aprianti Y, Khairul, Nisa K, Saputri LH. Potensi Pelepah Daun Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Tinta Printer. Pros Semin Nas Apl Sains Teknol. 2021;15–21.
- [15] Rengganis AP, Sulhadi S, Darsono T, Fajar DP. Fabrikasi Tinta Spidol Whiteboard Berbahan Dasar Pigmen Organik Dari Endapan Minuman Kopi. In Universitas Negeri Jakarta; 2017. p. SNF2017-MPS-105-SNF2017-MPS-112.
- [16] Fatimah S, Mustika N, Pratiwi S. Carbon Ink Characterization From Banana And Cassava Peels By Carbonization Method. 2020;5(2):159–66.
- [17] Mulyono A, Ariyanti ES. Otomatisasi Pengukuran Koefisien Viskositas Zat Cair Menggunakan Gelombang Ultrasonik. J Neutrino. 2012;2(2):183–92.
- [18] Mahajan MP, Bandyopadhyay S. Correlation of ink viscosity and printability in offset lithography process on paperboard used in packaging. ACTA Graph J Print Sci Graph Commun. 2019;29(3):37–48.
- [19] Muchtar H, Anova IT, Ardinal A. Pengaruh Penggunaan Senyawa Pengomplek dan Bahan Tambahan Terhadap Mutu Tinta Pemilu dari Ekstrak Gambir (*Uncaria gambir* Roxb). J Litbang Ind. 2014;
- [20] Akpomie KG, Conradie J. Banana peel as a biosorbent for the decontamination of water pollutants. A review. Vol. 18, Environmental Chemistry Letters. 2020.
- [21] Müller M, Fisch P, Molnar M, Eggert S, Binelli M, Maniura-Weber K, et al. Development and thorough characterization of the processing steps of an ink for 3D printing for bone tissue engineering. Mater Sci Eng C. 2020;108.
- [22] Chu Z, Peng J, Jin W. Advanced nanomaterial inks for screen-printed chemical sensors. Vol. 243, Sensors and Actuators, B: Chemical. 2017.
- [23] Rengganis, A P., Yulianto, A. and Yulianti I. Pengaruh Variasi Konsentrasi Arang Ampas Kopi terhadap Sifat Fisika Tinta Spidol Whiteboard. J MIPA. 2017;40(2):92–6.

