



Adsorpsi Pewarna Eosin Y Menggunakan Komposit Silika Gel Termodifikasi 3-aminopropiltriethoxysilan (APTES)-Karbon Aktif dari Bahan Alam

Ahmad Nubail^{1, a)}, Yusmaniar^{2, b)}, Arif Rahman^{3, c)}

^{1,2,3} Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No.10 Rawamangun Jakarta, Indonesia

^{a)} ahmadnubail@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima pada tanggal
dd/mm/yy

Direvisi pada tanggal
dd/mm/yy

Diuupload pada tanggal
dd/mm/yy

Abstrak

Pewarna Eosin Y telah berhasil diuji kapasitas serta persen adsorpsi menggunakan adsorben silika gel, karbon aktif dan komposit silika gel APTES-karbon aktif dari bahan alam. Penentuan optimasi pH dan kontak waktu menunjukkan bahwa ketiga adsorben berada pada pH optimum dan waktu kontak masing-masing sebesar 4 dan 30 menit. Penentuan model isotherm adsorpsi eosin Y terhadap komposit silika gel termodifikasi APTES-karbon aktif mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir dengan kapasitas adsorpsi dan konstanta Langmuir masing-masing sebesar 21,28 mg g⁻¹ dan 0,165.

Kata kunci: Abu Sekam Padi, Adsorpsi, Eosin Y, Karbon aktif, Silika termodifikasi APTES

Abstract

Eosin Y dye have been successfully tested on adsorption using silica gel, activated carbon, and composite adsorbent. Initial effect on pH and contact time showed that the adsorbents are on pH 4 and 30 minute, respectively. The isotherm adsorption model of eosin Y toward silica gel composite modified by APTES – activated carbon following the Langmuir isotherm with maximum adsorption capacity and Langmuir constant value are 21,28 mg g⁻¹ and 0,165, respectively.

Keywords: Activated Carbon, Adsorption, Coconut Shell, Eosin Y, Rice Husk Ash, , Silica Gel APTES Composite.

1. Pendahuluan

Pewarna sering digunakan oleh industri tekstil diseluruh dunia. Diperkirakan lebih dari 10000 ton/tahun dan 100 ton/tahun diantaranya dibuang ke aliran sungai sebagai limbah [1]. Pewarna untuk industri tekstil memiliki intensitas warna yang tinggi dan dapat terlihat jelas meskipun konsentrasinya kecil. Pewarna diklasifikasikan berdasarkan muatan partikel terhadap kelarutannya di dalam air seperti pewarna kationik (pewarna basa), anionik (pewarna asam) dan pewarna non-ionik [2]. Terdapat beberapa pewarna anionik, salah satunya eosin Y yang digunakan pada industri tekstil [3].

Eosin Y merupakan pewarna yang bersifat toksik dapat menyebabkan keracunan apabila dikonsumsi oleh manusia [4]. Telah dilakukan berbagai macam metode untuk menghilangkan eosin Y dari limbah air tersebut, yaitu dengan metode filtrasi, adsorpsi [5], koagulasi dan *electroplating* [6]. Penggunaan metode adsorpsi untuk pengolahan limbah, karena adsorbennya yang relatif murah dan dapat mengikat ion pada senyawa pewarna tekstil dengan baik [7].

Teknik adsorpsi lebih unggul dibandingkan dengan teknik lain dalam hal fleksibilitas, kemudahan rancangannya, biaya, mudah dilakukan, serta hasil akhir proses adsorpsi tidak berbahaya [8]. Berdasarkan penelitian Grassi [9], digunakan adsorben dari berbagai jenis material yang murah dan melimpah. Material alami dari limbah hasil pertanian telah dievaluasi sebagai adsorben yang murah dan ramah lingkungan [10].

Sekam padi dapat digunakan sebagai salah satu adsorben yang murah untuk menghilangkan pewarna pada limbah air [1]. Penelitian yang dilakukan Ahmaruzzaman dan Gupta [11] juga membuktikan bahwa silika dapat diekstraksi dari sekam padi dibawah kendali optimasi dengan larutan asam yang menghasilkan silika dengan kemurnian sebesar 98,8 % massa. Banyaknya penelitian yang menggunakan limbah sekam padi sebagai adsorben memberikan informasi bahwa ketersediaan sekam padi di Indonesia cukup melimpah yakni sebesar 14 juta ton, sedangkan abu sekam padi sebesar 2-3 juta ton [4].

Abu sekam padi dibuat melalui proses *sol-gel* hingga terbentuk silika gel. Silika gel ini kemudian ditambahkan dengan agen kopling silan, yaitu 3-aminopropiletoksisilan (APTES) hingga terbentuk silika termodifikasi APTES. Penggunaan agen kopling silan ini bertujuan untuk menyerap adsorbat lebih baik dan maksimal dibandingkan dengan silika tanpa APTES [8].

Berdasarkan penelitian Bauer *et al* [6] dilakukan sintesis silika dari sekam padi termodifikasi (APTES). Abu sekam padi yang mengandung silika dipanaskan dan selanjutnya dilakukan modifikasi menggunakan (APTES), sehingga silika gel termodifikasi APTES ini dapat digunakan untuk mengadsorpsi pewarna tekstil.

Adsorben dari karbon aktif memiliki luas permukaan yang cukup besar, sehingga dapat digunakan untuk proses adsorpsi [9]. Beberapa studi telah dilakukan untuk mencari kemungkinan pembuatan karbon aktif yang harganya lebih murah namun bisa digunakan sebagai pembanding dengan karbon aktif komersial khususnya dalam daya serap adsorpsinya.

Beberapa limbah pertanian yang dapat dijadikan sebagai adsorben antara lain dari tempurung kelapa [8]. Menurut penelitian Kristanto [9] karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa yang diaktivasi secara kimia dengan menggunakan aktivator $ZnCl_2$ terbentuk secara sempurna dengan luas permukaan yang besar. Oleh karena itu, dilakukan homogenisasi antara silika gel termodifikasi APTES dengan karbon aktif [12].

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh adsorben yang unggul berbasis komposit silika gel termodifikasi APTES-karbon aktif dari bahan alam untuk mengadsorpsi eosin Y, sehingga diharapkan menjadi solusi untuk mengatasi masalah pencemaran air oleh limbah pewarna tekstil. Parameter yang digunakan adalah pH, waktu serta model isoterm adsorpsi baik Langmuir dan Freundlich. Parameter ini diharapkan bisa memberikan informasi tentang pH dan waktu optimum serta seberapa besar kapasitas dan persen adsorpsi eosin Y menggunakan komposit silika gel (APTES)- karbon aktif dari sekam padi.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Sintesis silika gel dari sekam padi

Sekam padi diabukan pada suhu $973,15^{\circ}\text{K}$ selama 4 jam. Sebanyak 10 g abu sekam padi ditambahkan aqua DM sebanyak 60 mL dan diteteskan HCl 6 M sampai pH larutan 1, kemudian campuran direfluks selama 2 jam. Residu yang dihasilkan digunakan untuk ekstraksi silika. Residu abu sekam padi ditambahkan larutan NaOH 1 M sampai pH 7 (gelasi). Gel kemudian didiamkan selama 18 jam, kemudian silika gel hasil sintesis dikarakterisasi dengan FTIR dan SEM-EDX.

2.2 Sintesis karbon aktif dari tempurung kelapa

Karbon aktif dari tempurung kelapa direndam dalam larutan ZnCl_2 selama 24 jam dan dicuci dengan aqua DM hingga pH 7. Kemudian karbon aktif dipanaskan pada suhu $573,15^{\circ}\text{K}$ selama 2 jam. Karbon yang telah teraktivasi dikarakterisasi dengan FTIR, SAA, dan SEM-EDX.

2.3 Sintesis komposit silika gel (APTES)- Karbon aktif

Silika gel APTES hasil sintesis dihomogenisasi dengan karbon aktif menggunakan *homogenizer* pada 1000 rpm. Padatan silika gel APTES- karbon aktif didiamkan selama 10 menit kemudian gel didiamkan selama satu hari. Selanjutnya gel dimasukkan ke dalam larutan metanol dan didiamkan selama enam hari. Sampel dikeringkan dengan oven selama 2 jam pada suhu $473,15^{\circ}\text{K}$. Komposit hasil sintesis dikarakterisasi dengan alat FTIR, SEM dan SAA.

2.4 Adsorpsi Eosin Y menggunakan komposit

Uji adsorpsi dilakukan pada tiap adsorben hasil sintesis yaitu uji adsorpsi pada silika gel, karbon aktif teraktivasi dan komposit silika gel- APTES-karbon aktif. Hal ini bertujuan untuk menguji kemampuan masing-masing adsorben untuk mengadsorpsi pewarna eosin Y dalam medium air pada keadaan optimum. Terdapat dua variable yang digunakan dalam keadaan optimum yaitu pH dan waktu kontak. Hasil yang diperoleh akan digunakan untuk penentuan model isoterm adsorpsi yang sesuai pada proses adsorpsi pewarna eosin Y.

Hasil uji adsorpsi kemudian dianalisis dengan instrumen Spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi larutan eosin Y setelah diadsorpsi dengan adsorben hasil sintesis. Uji adsorpsi dilakukan dengan menggunakan pewarna eosin Y. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *batch*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakterisasi silika gel hasil sintesis

Silika gel hasil furnace dikarakterisasi menggunakan alat SEM-EDX. Hasil karakterisasi yang diperoleh yaitu ukuran partikel berkisar $20\ \mu\text{m}$. Dapat diketahui komposisi unsur yang terdapat pada silika gel hasil furnace yaitu 40,51% Si; 58,41% unsur O dan 1,08% unsur Ca.

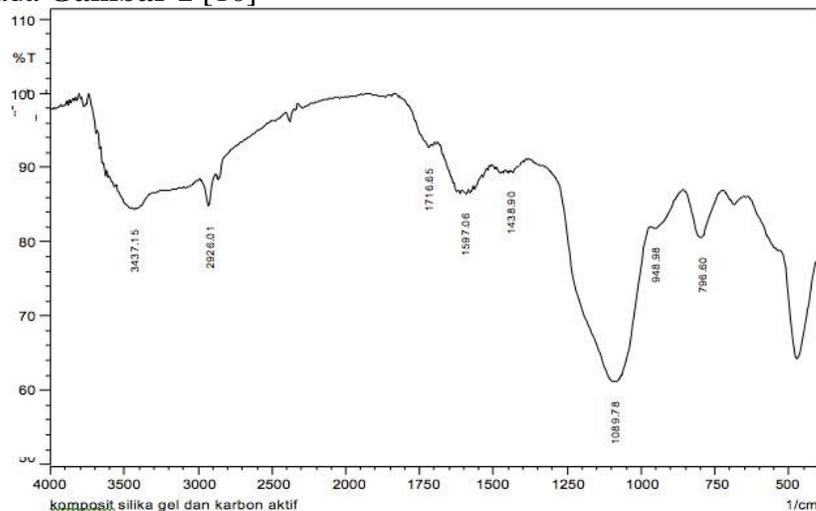
Hasil karakterisasi SEM-EDX terhadap hasil sintesis silika gel menunjukkan ukuran partikel berkisar $50\ \mu\text{m}$ dengan komposisi unsur yang terdapat pada silika gel hasil sintesis yaitu 42,28% Si dan 57,72% O. Hasil EDX ditunjukkan pada **Tabel 1**.

TABEL 1. Hasil EDX Silika Gel

Unsur	Massa (%)
-------	-----------

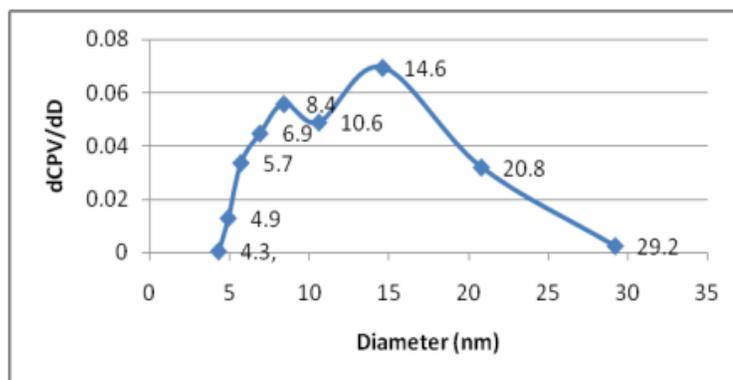
Silikon (Si)	42,28
Oksigen (O)	57,72

Silika gel hasil sintesis ini dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR. Hasil spektra IR silika gel menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang $3466,27\text{ cm}^{-1}$ yang diduga merupakan gugus -OH. Pita serapan pada $1640,99\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari molekul H_2O . Pita serapan pada bilangan gelombang $1084,53\text{ cm}^{-1}$ diduga merupakan ikatan Si-O. Kemudian, pita serapan pada $970,19\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan ikatan Si-O. Sedangkan, gelombang di bawah 500 cm^{-1} diduga merupakan ikatan vibrasi tekuk dari gugus Si-O-Si. Hasil karakterisasi pada silika gel ditunjukkan pada **Gambar 1** [10]



GAMBAR 1. Spektra IR silika gel

Silika gel hasil sintesis dikarakterisasi dengan alat SAA menggunakan metode BET dan didapatkan luas permukaan BET $270,1605\text{ cm}^2/\text{g}$ yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.



GAMBAR 2. Grafik Distribusi Pori dengan metode BJH Adsorpsi-Desorpsi Sampel Adsorben

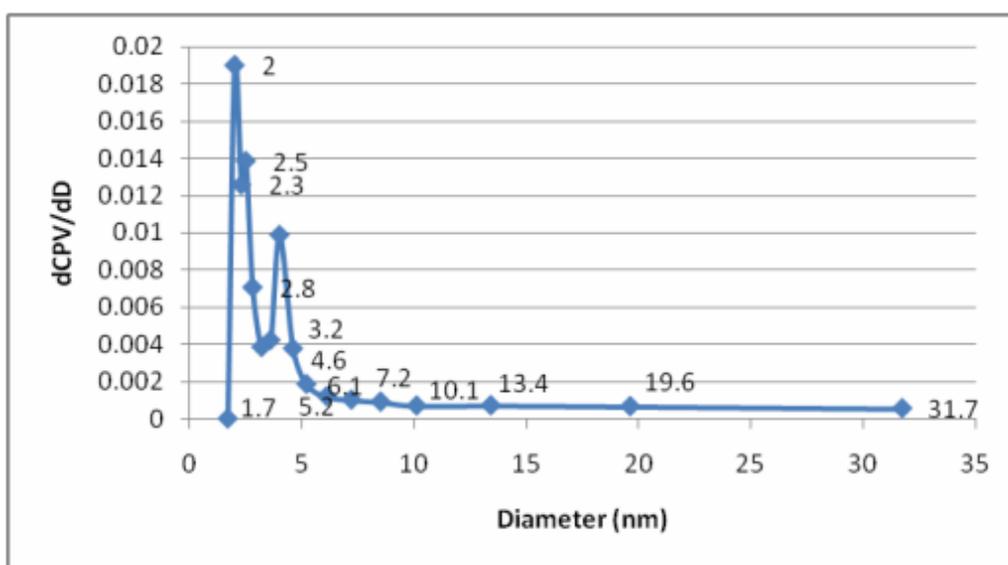
Berdasarkan **Gambar 2**, Pori utama sampel silika gel diduga mesopori karena puncak berada pada 14.6 nm .

TABEL 2. Hasil Karakterisasi SAA Adsorben Hasil Sintesis

Sampel	Sbet	Seks	Sint
Silika Gel APTES	270.1605	286.6838	-
Karbon Aktif	333.4292	72.8855	260.5437
Komposit	277.6351	238.3418	39.2932

3.2 Karakterisasi karbon aktif tempurung kelapa

Karbon aktif diaktivasi secara kimia dengan merendam karbon ke dalam larutan $ZnCl_2$ [11]. Karbon aktif teraktivasi dikarakterisasi dengan alat SAA menggunakan metode BET dan didapatkan luas permukaan BET 333,4292 m^2/g yang ditunjukkan pada **Tabel 2**. Pori utama sampel karbon aktif diduga mesopori karena puncak berada pada 2 nm berdasarkan pola BJH adsorpsi-desorpsi distribusi pori ditunjukkan pada **gambar 3**.



GAMBAR 3. Grafik Distribusi Pori dengan Metode BJH Adsorpsi-Desorpsi dari sampel Karbon Aktif

3.3 Karakterisasi komposit silika gel APTES

Karbon aktif

Silika gel hasil sintesis dimodifikasi dengan APTES sedangkan karbon aktif dilakukan melalui beberapa tahapan sampai menjadi komposit silika gel APTES - karbon aktif. Komposit hasil sintesis ini dikarakterisasi dengan alat SEM- EDX, FTIR dan SAA.

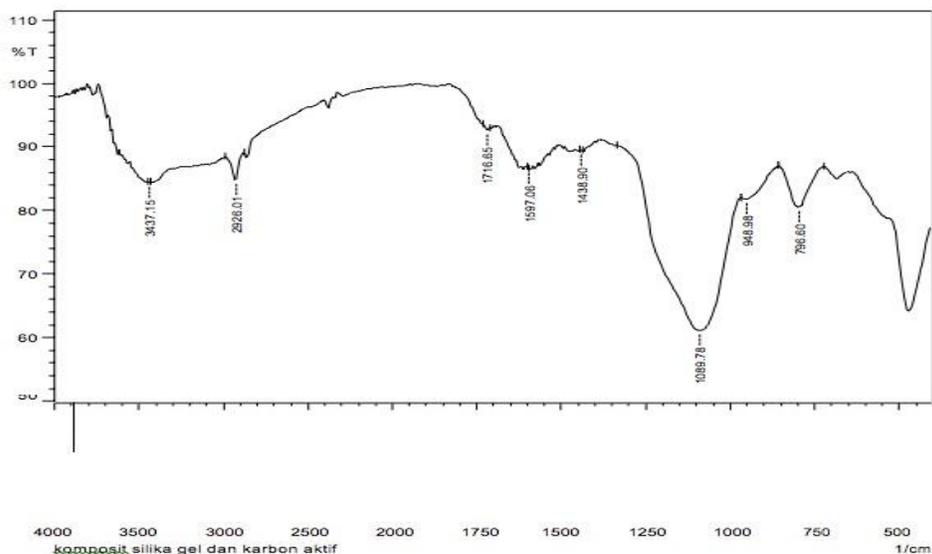
Hasil karakterisasi SEM-EDX menunjukkan ukuran partikel berkisar 50 μm . Kemudian dapat diketahui komposisi unsur yang terdapat pada silika gel hasil sintesis yaitu 3,46% Si; 16,58% O; 39,70% N dan 40,26% C. Sehingga dapat diketahui unsur kimia yang terdapat pada silika gel bertambah dari yang semula hanya dua komponen yaitu Si dan O menjadi empat komponen yaitu Si, O, N dan C.

TABEL 3. APTES-Karbon Aktif.

Unsur	Massa (%)
Silikon (Si)	3,46
Oksigen (O)	16,58
Nitrogen (N)	39,70
Karbon (C)	40,26

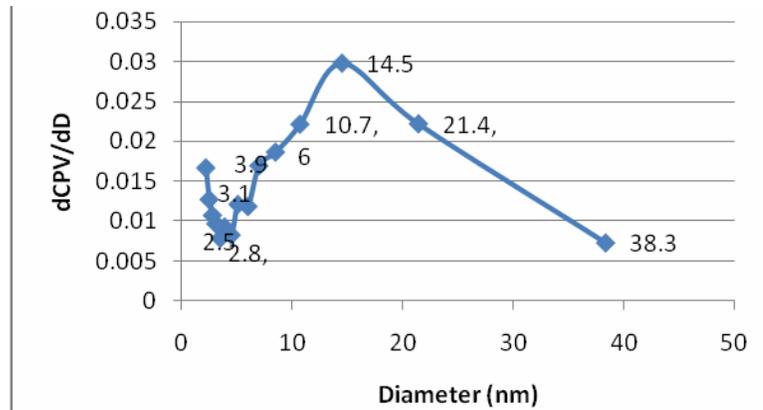
Setelah silika gel dimodifikasi dengan APTES dan karbon aktif membentuk komposit sehingga komponennya menjadi Si, O, N, C. Unsur Si dan O dapat diketahui berasal dari silika gel hasil sintesis (Si). Unsur N berasal dari senyawa APTES dan unsur C diduga berasal dari dua senyawa yaitu berasal dari APTES yang digunakan maupun dari kandungan karbon aktif teraktivasi. Hasil EDX ditunjukkan pada **Tabel 3**. Komposit hasil sintesis ini dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR.

Hasil spectrum FTIR komposit hasil sintesis menunjukkan terdapat puncak kecil pita serapan pada bilangan gelombang 2900-1562 cm^{-1} yang diduga menunjukkan adanya ikatan C-H sedangkan puncak pita serapan kecil yang terlihat pada bilangan gelombang 3658,96 cm^{-1} diduga menunjukkan ikatan N-H, dan pada bilangan gelombang 1489,05 cm^{-1} diduga menunjukkan vibrasi molekul H_2O . Pita serapan yang kuat terdapat pada bilangan gelombang 1134,14 cm^{-1} diduga menunjukkan ikatan Si-O, lalu pada bilangan gelombang 796,60 cm^{-1} diduga juga merupakan ikatan Si-O, dan bilangan gelombang di bawah 500 cm^{-1} diduga merupakan vibrasi dari Si-O-Si yang mengacu pada spektrum FTIR komposit pada penelitian sebelumnya [1] ditunjukkan pada **Gambar 4**.



GAMBAR 4. Spektra IR Komposit

Komposit hasil sintesis dikarakterisasi dengan alat SAA menggunakan metode BET. Hasil penelitian menunjukkan luas permukaan BET 277,6351 m^2/g ditunjukkan pada **Tabel 2**. Pori utama sampel silika gel diduga mesopori karena puncak berada pada 14,5 nm yang berdasarkan pola BJH adsorpsi-desorpsi distribusi pori pada **Gambar 5**.



GAMBAR 5. Grafik Distribusi Pori dengan metode BJH Adsorpsi-Desorpsi dari sampel Komposit

3.4 Uji adsorpsi silika gel, karbon aktif, dan komposit

Uji adsorpsi dilakukan pada adsorben hasil sintesis, yaitu uji adsorpsi pada silika gel, karbon aktif teraktivasi dan komposit silika gel- APTES-karbon aktif. Uji dilakukan pada pH dan waktu kontak optimum untuk menentukan model isoterm adsorpsi yang sesuai pada proses adsorpsi pewarna eosin Y.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu ketiga jenis adsorben telah berhasil disintesis, antara lain silika gel dari sekam padi, karbon aktif dari tempurung kelapa, dan komposit silika gel – APTES – karbon aktif. Adsorben hasil sintesis memiliki kondisi optimum pada pH 4 dan waktu kontak optimum 30 menit pada proses penyerapan eosin Y. Model adsorpsi dari hasil uji komposit silika gel APTES – karbon aktif mengikuti model Isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum 21,28 mg g⁻¹ dan Konstanta Langmuir 0,165.

Daftar Pustaka

- [1] Abdolali A, Guo WS, Ngo HH, Chen SS, Nguyen NC, Tung KL. Typical lignocellulosic wastes and by-products for biosorption process in water and wastewater treatment: a critical review. *Bioresource technology*. 2014 May 1;160:57-66.
- [2] Ahmad MA, Rahman NK. Equilibrium, kinetics and thermodynamic of Remazol Brilliant Orange 3R dye adsorption on coffee husk-based activated carbon. *Chemical Engineering Journal*. 2011 May 15;170(1):154-61.
- [3] Ardejani FD, Badii K, Limaee NY, Mahmoodi NM, Arami M, Shafaei SZ, Mirhabibi AR. Numerical modelling and laboratory studies on the removal of Direct Red 23 and Direct Red 80 dyes from textile effluents using orange peel, a low-cost adsorbent. *Dyes and Pigments*. 2007 Jan 1;73(2):178-85.
- [4] Bauer F, Czihal S, Bertmer M, Decker U, Naumov S, Wassersleben S, Enke D. Water-based functionalization of mesoporous siliceous materials, Part 1: Morphology and stability of grafted 3-aminopropyltriethoxysilane. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2017 Sep 15;250:221-31.
- [5] Khalifa M, Hajji M, Ezzaouia H. Impurity removal process for high-purity silica production by acid leaching. *InEPJ Web of Conferences 2012 (Vol. 29, p. 00014)*. EDP Sciences.
- [6] Foo KY, Hameed BH. Coconut husk derived activated carbon via microwave induced activation:

- effects of activation agents, preparation parameters and adsorption performance. *Chemical Engineering Journal*. 2012 Mar 1;184:57- 65.
- [7] Purkait MK, DasGupta S, De S. Adsorption of eosin dye on activated carbon and its surfactant based desorption. *Journal of environmental management*. 2005 Jul 1;76(2):135-42..
- [8] Pote R. Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016 Jan 1;53:1468-85..
- [9] Putri, E. A. 2016. *Skripsi. Adsorpsi Logam Pb(II) Menggunakan Komposit Silika Gel dari Sekam Padi Termodifikasi 3-aminopropiltrioksisilan (APTES)- Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa*. Skripsi. Jakarta: Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Jakarta.
- [10] Imyim A, Prapalimrunsi E. Humic acids removal from water by aminopropyl functionalized rice husk ash. *Journal of Hazardous Materials*. 2010 Dec 15;184(1- 3):775-81.
- [11] Crini G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. *Bioresource technology*. 2006 Jun 1;97(9):1061-85.
- [12] Kristianto H. Sintesis Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivasi Kimia ZnCl₂. *Jurnal Integrasi Proses*. 2017 Jun 4;6(3).
- [13] Anshar AM, Santosa SJ, Sudiono S. Adsorption Rate Constants Of Eosin in Humin. *Jurnal Akta Kimia Indonesia (Indonesia Chimica Acta)*. 2015 Jun 1;8(1):9-16.