OPTIMASI pH DAN WAKTU REAKSI ADSORPSI INDIGOSOL *BLUE* O4B MENGGUNAKAN ASAM HUMAT TERMODIFIKASI MAGNETIT (HA/Fe₃O₄)

Rafida Ati Fauzi¹, Maya Rahmayanti^{2*}

^{1,2}Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga,
Jl.Laksda Adisucipto, Yogyakarta 55281 Indonesia
maya.rahmayanti@uin-suka.ac.id

Artikel Info

Diterima
tanggal
20.08.2020

Disetujui
publikasi
tanggal
30.10.2020

Kata kunci :
Adsorpsi,
indigosol blue
O4B, HA/Fe₃O₄

ABSTRAK

Struktur kimia adsorben asam humat sangat dipengaruhi kondisi pH. Gugus fungsi -COOH dan -OH asam humat mudah terprotonasi pada suasana sangat asam dan terdeprotonasi dengan kenaikan pH. Jika asam humat diaplikasikan sebagai adsorben zat warna indigosol *blue* O4B maka interaksi yang terjadi di antara keduanya dipengaruhi oleh kondisi keasaman medium. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kondisi pH dan waktu reaksi optimum interaksi antara indigosol *blue* O4B dengan adsorben asam humat hasil isolasi tanah gambut Sumatera yang dimodifikasi dengan magnetit (HA/Fe₃O₄). Adsorpsi indigosol *blue* pada HA/Fe₃O₄ dilakukan dengan metode *batch* pada rentang pH 4-7 dengan variasi waktu 30, 45, 60, 75 dan 100 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi Fe₃O₄-AH dengan zat warna indigosol *blue* O4B optimum pada pH 5 dengan waktu optimum 45 menit.

ABSTRACT

The chemical structure of the humic acid adsorbent was strongly influenced by pH conditions. The -COOH and -OH functional groups of humic acid were easily protonated in very acidic conditions and are deprotonated with increasing pH. If humic acid was applied as an adsorbent for indigosol blue O4B dye, the interaction between the two was influenced by the acidity of the medium. This study aims to study the pH conditions and the optimum reaction time for the interaction between indigosol blue O4B and humic acid adsorbent from the isolation of Sumatran peat soil modified with magnetite (HA/Fe₃O₄). Adsorption Indigosol blue onto HA/Fe₃O₄ was carried out by batch method in a pH range of 4-7 with time variations of 30, 45, 60, 75 and 100 minutes. The results showed that the optimum interaction of Fe₃O₄-AH with indigosol blue O4B was at pH 5 with an optimum time of 45 minutes.

PENDAHULUAN

Yogyakarta merupakan daerah sentra industri batik, mulai dari skala industri rumah tangga sampai skala besar. Dampak positif dari kegiatan industri ini adalah kesejahteraan masyarakat. Selain dampak positif, terdapat dampak negatif yaitu pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair batik. Limbah cair batik mengandung zat warna, *waxes* dan logam

berat (Rahmayanti dkk., 2020; Muniroh dkk., 2019). Limbah cair biasanya dibuang langsung ke selokan di sekitar rumah atau lokasi industri batik dan dapat menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan, karena lingkungan mempunyai kemampuan yang terbatas dalam mendegradasi zat warna dan logam berat. Metode adsorpsi adalah salah satu metode alternatif yang dapat diandalkan untuk mengatasi zat warna dalam limbah cair batik karena prosesnya yang relatif sederhana, dapat bekerja pada konsentrasi rendah, dan memerlukan biaya yang relatif murah (Eka dkk, 2013).

Salah satu material yang dikembangkan untuk mengatasi zat warna adalah asam humat. Asam humat mengandung gugus $-\text{COOH}$, fenolat, enolat, $-\text{OH}$ alkoholat dan $-\text{C}=\text{O}$. Gugus fungsional asam humat akan mengadsorpsi bahan organik maupun bahan anorganik melalui interaksi elektrostatik, ikatan hidrogen dan atau pertukaran ligan (Aiken dkk, 1985; Rahmayanti dkk, 2016; Rahmayanti dkk., 2019). Berdasarkan keberadaan senyawa humat yang heterogen, interaksi kation logam dengan senyawa humat terjadi pada sejumlah besar sisi aktif, dengan afinitas yang berbeda (Rahmawati dkk., 2012). Hal ini telah dibuktikan oleh penelitian Rahmayanti dkk. (2020) yang mengadsorpsi zat warna *naphtol blue black* (NBB) menggunakan $\text{HA/Fe}_3\text{O}_4$, dimana gugus $-\text{COOH}$ dan $-\text{OH}$ akan berinteraksi dengan anion dan kation dari zat warna NBB.

Berdasarkan penjelasan diatas asam humat saja sudah dapat digunakan menjadi suatu adsorben, namun luas permukaan asam humat kecil karena ukuran partikelnya makro sehingga perlu dimodifikasi dengan material lain (Zhou dkk., 2015; Rahmayanti dkk. 2019). Magnetit (Fe_3O_4) merupakan salah satu oksida besi selain maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) yang menunjukkan kemagnetan paling kuat di antara oksida-oksida besi yang lain sehingga banyak dimanfaatkan di berbagai bidang. Daya serapnya yang besar didukung oleh luas permukaannya yang besar serta kemampuan merespon medan magnet sehingga memudahkan proses pemisahan adsorben dari larutan (Eka dkk, 2013; Rahmayanti dkk., 2020). Namun kelemahan adsorben ini adalah mudah teroksidasi dan mengalami penggumpalan dalam sistem larutan berair (Koesnarpadi dkk, 2014). Pada penelitian ini, adsorben yang akan digunakan adalah asam humat termodifikasi magnetit. Asam humat akan menempel pada magnetit sehingga dihasilkan asam humat termodifikasi magnetit dengan ukuran partikel yang lebih kecil. Ukuran partikel yang kecil akan menghasilkan luas permukaan yang lebih besar sehingga menghasilkan

kapasitas adsorpsi yang tinggi terhadap adsorbat (Rahmayanti dkk. 2019; Rahmayanti dkk. 2020). Selain itu, pelapisan asam humat pada Fe_3O_4 bertujuan untuk ekstraksi fasa padat yang memudahkan proses adsorpsi (Rahmayanti dkk., 2016, Rahmayanti dkk, 2019, Rahmayanti dkk., 2020).

Interaksi adsorben asam humat dengan zat warna dipengaruhi oleh kondisi pH dan waktu reaksi (Santi dkk., 2019; Rahmayanti dkk., 2020; Prandini dkk., 2020; Muniroh dkk., 2019). Struktur kimia adsorben asam humat sangat dipengaruhi kondisi pH. Gugus fungsi $-\text{COOH}$ dan $-\text{OH}$ asam humat mudah terprotonasi pada suasana sangat asam dan terdeprotonasi dengan kenaikan pH. Pada penelitian ini akan ditentukan kondisi pH optimum dan waktu reaksi optimum adsorpsi indigosol *blue* O4B pada adsorben $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, ayakan 100 mesh, lumpang dan mortar, alat sentrifugasi, magnetic *stirrer*, magnet eksternal, kertas whatman 42, oven dan Spektrofotometer UV-Vis Double Beam 1601 PC Shimadzu. Bahan yang digunakan adalah $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$, NaOH 0,1 M, HCl 0,1 M, aquades dan zat warna indigosol *blue* O4B.

Prosedur

Interaksi indigosol *blue* O4B dengan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ pada Berbagai Rentang pH

Sebanyak 10 mg $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ dicampurkan dengan 10 mL larutan adsorbat zat warna indigosol dengan konsentrasi 10 mgL^{-1} dan divariasikan pHnya pada rentang 4-9. Campuran digojok selama 60 menit kemudian disaring dengan kertas Whatman 42 (dengan bantuan medan magnet eksternal pada bagian bawah botol). Filtrat yang diperoleh diukur pH-nya, kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis sesuai panjang gelombang indigosol *blue* O4B.

Interaksi indigosol *blue* O4B dengan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ pada Berbagai Waktu Reaksi

Sebanyak 10 mg $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ dicampurkan dengan 10 mL larutan adsorbat zat warna indigosol *blue* O4B dengan konsentrasi 10 mgL^{-1} pada pH optimum. Campuran digojok dengan variasi waktu 30; 45, 60, 75 dan 90 menit. Campuran disaring dengan menggunakan kertas

Whatman 42 (dengan bantuan medan magnet eksternal pada bagian bawah botol). Filtrat yang diperoleh dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis sesuai panjang gelombang maksimal indigosol *blue* O4B.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan pH Optimum pada Adsorpsi Indigosol *blue* O4B dengan Fe₃O₄-AH

Interaksi indigosol *blue* O4B dengan Fe₃O₄-AH pada berbagai rentang pH disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa pH optimum interaksi indigosol *blue* O4B dengan Fe₃O₄-AH terjadi pada pH 5 dengan persentase adsorpsi sebesar 66%. Pada kondisi pH >7 asam humat terlarut dan berubah warna menjadi coklat, sehingga tidak dilakukan interaksi.

Gambar 1. Persen indigosol *blue* O4B teradsorpsi pada Fe₃O₄-AH
(konsentrasi awal = 10 mgL⁻¹, waktu reaksi = 60 menit)

Interaksi Fe₃O₄-AH dengan zat warna indigosol *blue* O4B pada kondisi pH dibawah pH_{PZC} Fe₃O₄-AH dapat terjadi sesuai penjelasan sebagai berikut: permukaan Fe₃O₄-AH menjadi parsial positif karena gugus -OH mengalami protonasi menjadi (-OH₂⁺) yang menyebabkan interaksi yang kuat dengan muatan negatif (SO₃⁻) zat warna indigosol *blue* O4B melalui interaksi elektrostatis. Kondisi ini meningkatkan efisiensi adsorpsi zat warna indigosol *blue* O4B. Semakin bertambahnya pH menyebabkan gugus -OH pada asam humat terdeprotonasi menjadi -O⁻, sehingga interaksi antara Fe₃O₄-AH dengan zat warna indigosol *blue* O4B cenderung lebih lemah dan proses adsorpsi berkurang. Ilustrasi interaksi antara Fe₃O₄-AH dan indigosol *blue* O4B pada suasana asam ditunjukkan pada Gambar 2 (Santi dkk., 2019, Ekowati dkk., 2019).

Kondisi pH optimum adsorpsi zat warna pada asam humat disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, kondisi pH optimum adsorpsi indigosol blue pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ yang dihasilkan pada penelitian ini sama dengan kondisi pH optimum adsorpsi indigosol blue pada asam humat yang dilaporkan oleh Santi dkk. (2019) yaitu pada pH 5.

Tabel 1. Kondisi pH optimum adsorpsi zat warna pada asam humat

Adsorben	Adsorbat	pH optimum
Asam Humat Kalimantan Santi dkk. (2019)	Indigosol <i>Blue</i>	5
$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ (Prandini dkk., 2020)	<i>Naphtol</i>	2
$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ (penelitian ini)	Indigosol <i>Blue</i>	5

Gambar 2. Ilustrasi interaksi antara $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ dan indigosol *blue* O4B

Penentuan Waktu Optimum Interaksi Indigosol *blue* O4B dengan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$

Interaksi Indigosol *blue* O4B dengan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ pada berbagai waktu reaksi disajikan pada Gambar 3. Pada menit-menit awal adsorpsi zat warna indigosol *blue* O4B pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ berlangsung cepat karena situs aktif $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ belum banyak berinteraksi dengan zat warna indigosol *blue* O4B, sehingga memudahkan zat warna indigosol *blue* O4B dalam mengisi situs aktif tersebut. Sebaliknya, semakin lama waktu kontak semakin lambat proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan keberadaan situs aktif yang digunakan untuk berinteraksi semakin sedikit sehingga dibutuhkan waktu yang relatif lama bagi situs aktif untuk berinteraksi dengan zat warna indigosol *blue* O4B. Waktu reaksi optimum diperoleh pada menit ke-45. Data interaksi indigosol *blue* O4B dengan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$ pada berbagai waktu reaksi dapat digunakan untuk mempelajari model kinetika adsorpsi indigosol *blue* O4B pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AH}$, namun pada penelitian ini belum

dilakukan. Perbandingan waktu reaksi optimum adsorpsi zat warna limbah batik pada asam humat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kondisi waktu optimum adsorpsi zat warna pada asam humat

Adsorben	Adsorbat	Waktu optimum (menit)
Fe ₃ O ₄ -AH (Rahmayanti dkk., 2020)	<i>Naphtol Blue Black</i>	15
Fe ₃ O ₄ -AH (penelitian ini)	<i>Indigosol Blue</i>	45

Gambar 3. Konsentrasi Indigosol *blue* O4B teradsorpsi pada Fe₃O₄-AH (pH = 5, waktu reaksi = 60 menit)

KESIMPULAN

Adsorpsi zat warna indigosol *blue* O4B pada Fe₃O₄-AH telah berhasil dilakukan. Kondisi pH dan lamanya waktu interaksi mempengaruhi kemampuan Fe₃O₄-AH dalam mengadsorpsi indigosol *blue* O4B. pH optimum adsorpsi indigosol *blue* O4B pada Fe₃O₄-AH terjadi pada pH 5 dengan waktu interaksi optimum 45 menit. Dugaan interaksi yang terjadi antara indigosol blue dan Fe₃O₄-AH adalah melalui interaksi elektrostatis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga atas semua fasilitas dan layanan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, G.R., Mcknight, D.M., Wershaw, R.L. 1985. Humic Substances In Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation, and Characterization. John Wiley & Sons. New York.
- Eka, N. S.; Fajaroh, F.; dan Wonohardjo, S. 2013. *Jurnal Kimia*, Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Secara Elektrokimia dan Aplikasinya Sebagai Penyerap Pb (II). FMIPA, Universitas Negeri Malang.
- Ekowati, G. W. dan Rahmayanti, M. 2019. Kajian Desorpsi Zat Warna Indigosol Blue Dari Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera, *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 4(2): 68-75. doi: <http://dx.doi.org/10.23960/aec.v4.i2.2019.p68-75>
- Koesnarpadi, Soerja.; Santosa, S. J.; Siswanta, D.; dan Rusdiarso, B. 2015. Synthesis and Characterization of Magnetite Nanoparticle Coated Humic Acid ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{HA}$). *Procedia Environmental Science*, 103-108.
- Prandini, M.N. dan Rahmayanti, M. 2020. Effect pH Adsorption of Naphtol Dye Using Humic Acid Adsorbent Result of Peat Isolation from Kalimantan, *Proceeding International Conference Science and Engineering*, 3, 147-151.
- Rahmawati, Atik. dan Santosa, S. J. 2012. Studi Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cd(II) pada Asam Humat dalam Medium Air. *Jurnal Alchemy*, 2(1): 46-57.
- Rahmayanti, M. 2020. Recovery Emas dalam Sistem Au Tunggal dan Sistem Multilogam (Au/Cu) Menggunakan Adsorben Asam Askorbat Termodifikasi Magnetit, *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(2): 179-189. doi: 10.20961/alchemy.16.2.36129.179-189
- Rahmayanti, M., Yunita, E., Putri, N.F.Y. 2020. Study of Adsorption-Desorption on Batik Industrial Dyes (Naphthol Blue Black) on Magnetite Modified Humic Acid ($\text{HA-Fe}_3\text{O}_4$), *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 23(7): 244-248. doi: <https://doi.org/10.14710/jksa.23.7.244-248>
- Rahmayanti, M., Santosa, S.J., Sutarno. 2016. Mechanisms of Gold Recovery from Aqueous Solutions using Gallic acid-modified Magnetite Particles Synthesized via Reverse Co-precipitation Method. *International Journal of ChemTech Research*, 9(4): 446-452.
- Rahmayanti, M., Abdillah, G., Santosa, S. J., and Sutarno. 2019. Application of Humic Acid Isolated From Kalimantan Peat Soil Modifying Magnetite for Recovery of Gold, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 8(2): 77-83. doi: <https://doi.org/10.15294/jbat.v8i2.20392>
- Rahmayanti, M., Santosa, S. J., and Sutarno. 2016. Comparative Study on the Adsorption of $[\text{AuCl}_4]^-$ onto Salicylic Acid and Gallic Acid Modified Magnetite Particles, *Indonesian Journal of Chemistry*, 16(3): 329-337.

- Santi, G.C. dan Rahmayanti, M. 2019. Effect of Solution pH to Indigosol Blue Adsorption on Humic Acid Isolated from Kalimantan Peat Oil, *Proceeding International Conference Science and Engineering*, 2, 193-195.
- Muniroh, S. dan Rahmayanti, M. (2019). Kinetika Adsorpsi Kromium (VI) yang Terkandung dalam Limbah Batik pada Asam Humat Termodifikasi Magnetit (AH-Fe₃O₄), *Integrated Lab Journal*, 7(2): 42-46. doi: 10.5281/zenodo.3524030
- Zhou, Y., Zhang, Y., Li, G. and Jiang, T. 2015. A Further Study on Adsorption Interaction of Humic Acid on Natural Magnetite, Hematite and Quartz in Iron Ore Pelletizing Process: Effect of The Solution pH Value. *Powder Tech.*, 271, 155-166.