



Volume 1 Nomor 1, Maret 2021

P-ISSN: 2808-1560

E-ISSN: 2808-1404

PENGGUNAAN KARBON AKTIF MAGNETIT- Fe_3O_4 SEBAGAI PENYERAP ZAT WARNA *REMAZOL YELLOW*

Intan Lestari¹, Eko Prasetyo², dan Diah Riski Gusti¹ Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

Jln. Raya Jambi-Ma Bulian Km 15, Mendalo Indah Ma. Jambi, Jambi 36122

Email : ilestari_15@unja.ac.id

Info Artikel

Diterima: 26 November 2020

Disetujui: 06 Januari 2021

Dipublikasikan: 13 Maret 2021

Abstrak

Karbon aktif magnetite Fe_3O_4 telah digunakan sebagai adsorben penyerap zat warna *remazol yellow*. Karbon aktif dibuat dari cangkang kelapa sawit dan dikomposisikan dengan magnetite Fe_3O_4 dengan metode kopresipitasi. Adsorben digunakan untuk penyerap zat warna *remazol yellow* dengan mempelajari beberapa parameter penyerapan yaitu pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan *Remazol Yellow*. pH penyerapan diperoleh pada kondisi pH 2 dengan efisiensi penyerapan 84,613%, waktu kontak optimum pada waktu 45 menit dengan efisiensi penyerapan 71,79% dan konsentrasi optimum pada konsentrasi 45 mg/L dengan efisiensi penyerapan adalah 80,82%.

Kata kunci: Karbon aktif, magnetit Fe_3O_4 , *Remazol Yellow*, adsorben.

Abstract :

Magnetite Fe_3O_4 -activated carbon has been used as an adsorbent for Remazol Yellow dye adsorption. Activated carbon has been made from palm oil shells and composite with magnetite Fe_3O_4 by co-precipitation method. Adsorbent used to adsorption of Remazol Yellow dye by studying several adsorption parameter, namely the effect of pH, contact time and the concentration of Remazol Yellow solution. The effect of pH adsorption was obtained at pH 2 conditions with adsorption efficiency is 84.61%, contact time at 45 minutes with absorption efficiency is 71.79% and and concentration is 45 mg/L Remazol Yellow with adsorption efficiency is 80.82%.

Keywords: Activated carbon, magnetite Fe_3O_4 , Remazol Yellow, adsorbent.

1. Pendahuluan

Pewarna adalah salah satu unsur utama limbah yang dihasilkan dari beberapa industri seperti industri tekstil, cat, pernis, tinta, plastik, pulp dan kertas, kosmetik, dan penyamakan kulit dan beberapa industri pewarna lainnya. Limbah zat pewarna dapat memberikan ancaman utama bagi ekosistem. Zat pewarna pada umumnya bersifat sangat beracun (Adak *et al*, 2006, Armagan *et al*, 2004). Adanya warna dalam air dapat mengurangi keanekaragaman akuatik dengan cara menghalangi jalannya masuk cahaya matahari yang melewatinya. Dalam beberapa kasus, kurang dari 1 mg/L konsentrasi pewarna dapat menghasilkan cukup banyak pewarnaan dalam air, akibatnya penetrasi cahaya dalam air limbah sangat berkurang sehingga dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ekologi perairan (Kuleyin, A dan Aidin, F., 2010).

Limbah zat warna tekstil menjadi perhatian karena penggunaan bahan tekstil akan selalu meningkat dengan peningkatan populasi penduduk dan sebagian besar zat warna yang dibuat mempunyai sifat resistensi terhadap lingkungan (Maghfiroh dkk., 2016). Zat warna dibagi menjadi zat warna anionik dan kationik dimana zat warna anionik sebagian besar digunakan di industri tekstil. Macam-macam zat warna yang digunakan untuk pewarna tekstil antara lain *Remazol Brilliant Blue* (RB), *Remazol Red 133* (RR), *Rifacion Yellow HED* (RY) dan *Remazol Yellow* (Setyadi dan Huda., 2016).

Salah satu jenis zat warna sintetis yang banyak digunakan dalam industri tekstil terutama industri batik adalah Remazol, karena sifatnya yang mudah larut dalam air dan tidak terdegradasi pada kondisi aerob biasa, zat warna ini merupakan senyawa golongan azo (Subbaiah dan Kim, 2016). Dari hasil pewarnaan pada industri tekstil akan menyisakan sekitar 15-20% zat warna yang berada pada air buangan yang akhirnya akan masuk ke lingkungan sekitarnya. Zat warna *Remazol* memiliki ketahanan terhadap lingkungan seperti pH, suhu dan mikroba. *Remazol Yellow* merupakan salah satu contoh dari zat warna jenis *Remazol* yang mewakili zat warna industri tekstil. Selain itu zat warna *Remazol Yellow* memiliki gugus kromofor yang sangat mudah memberikan warna-warna cerah dan sulit terdegradasi (Gemeay et al., 2018; Salleh et al., 2011; Tran et al., 2017). Keberadaan *Remazol Yellow* di lingkungan dapat mengalami fotodegradasi secara alami dengan bantuan sinar UV yang berasal dari cahaya matahari, akan tetapi proses fotodegradasi tersebut berjalan relatif lambat disebabkan karena intensitas sinar UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah sehingga menyebabkan lebih cepatnya akumulasi *Remazol Yellow* di dasar perairan (Maghfiroh dkk., 2016).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menghilangkan polutan dari limbah pewarna, seperti pengolahan biologis, koagulasi atau flokulasi, ozonisasi, membran filtrasi, ion-exchange, degradasi fotokatalitik dan adsorbs (Wu dkk., 2012). Metode teknologi adsorpsi tanpa bahan kimia memiliki keuntungan dari segi ekonomi dan efektifitas. Adsorben yang umum digunakan terutama karbon aktif, zeolit, tanah liat, polimer biodegradable dan sorbent polimer sintetis, namun adsorben memiliki kelemahan seperti kapasitas penyerapan yang rendah dan kesulitan pada proses pemisahan dengan larutan (Wu dkk., 2012). Karbon aktif menjadi adsorben yang sangat penting dalam pengolahan air, namun aplikasi karbon aktif terbatas seperti pemisahan karbon dengan air yang sulit (Wang dkk., 2011).

Magnetit atau Fe_3O_4 merupakan salah satu fase oksida besi yang memiliki sifat magnet terbesar di antara fase-fase lainnya (Sulungbudi dkk., 2006). Karbon aktif dapat dikompositkan dengan magnetit Fe_3O_4 dengan cara kopresipitasi untuk meningkatkan performance adsorben. Karbon aktif yang telah dikompositkan dengan magnetit dapat merespon medan magnet luar dan akan memudahkan proses pemisahana antara adsorben dan adsorbat. Keunggulan bahan adsorben komposit magnetit adalah dalam aplikasinya setelah proses adsorpsi, komposit magnetit dapat dipisahkan dari medium larutan tanpa menggunakan proses penyaringan, melainkan menggunakan sistem magnet permanen. Hal ini dapat menghemat biaya operasional maupun biaya perawatan komponen saringan yang cepat jenuh dan rusak akibat pemakaian. Penelitian karbon aktif-magnetit (Fe_3O_4) telah banyak dilakukan, salah satunya yaitu untuk penyerapan logam Thorium (Fisli dkk., 2012). Modifikasi karbon aktif dengan Fe_3O_4 menghasilkan luas permukaan spesifik dan porositas yang tinggi dan properti superparamagnetik yang memungkinkan magnet dapat dipisahkan dengan magnet luar.

Pada penelitian ini digunakan cangkang kelapa sawit untuk pembuatan karbon aktif. Cangkang kelapa sawit mengandung hemiselulosa sebesar 24%, selulosa 40%, dan lignin 21% yang potensial untuk dibuat menjadi karbon aktif (Haji, 2013). Selulosa, hemiselulosa dan lignin merupakan senyawa dengan kandungan karbon tinggi sehingga dapat digunakan sebagai material awal untuk pembuatan karbon aktif.

Oliveira *et al* (2002) telah membuat komposit magnet oksida besi-karbon aktif sebagai adsorben berbagai kontaminan dan Castro *et al* (2009) telah membuat komposit karbon aktif-oksida besi sebagai adsorben atrazin di dalam medium berair. Secara umum, terjadi penurunan luas permukaan yang mengakibatkan penurunan kapasitas penyerapan pada komposit karbon aktif-oksida besi. Namun hal ini diimbangi dengan kemudahan pada proses pemisahan, yaitu dengan memanfaatkan sifat magnet dari komposit karbon aktif-oksida besi. Tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan adsorben karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit dan dikompositkan dengan magnetit Fe_3O_4 sebagai adsorben zat warna *Remazol Yellow*. Parameter penyerapan yang dipelajari adalah pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan zat warna *Remazol Yellow*.

2. Metode Penelitian

a) Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis kuantitatif untuk menentukan kemampuan adsorben karbon aktif magnetit Fe_3O_4 sebagai penyerap zat warna *Remazol Yellow*.

b) Prosedur Penelitian

Preparasi Adsorben

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan bahan cangkang kelapa sawit yang telah di pra karbonisasi pada suhu $280\text{ }^\circ\text{C}$ dan dihaluskan dengan mortar, kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh untuk mendapatkan ukuran butiran 100 mesh sehingga diperoleh serbuk yang homogen.

Pembuatan Karbon Aktif

Karbon cangkang yang telah halus dikeringkan dan dicampur dengan H_3PO_4 10% selama 24 jam dengan rasio perbandingan 1 : 5. Selanjutnya dilakukan penyaringan, endapan dicuci dengan aquades sampai pH 6-7 dan dikeringkan pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam.

Pembuatan Karbon aktif-magnetik Fe_3O_4

Suspensi karbon aktif dibuat dengan mencampurkan karbon aktif 6,5 gram dengan 400 mL larutan garam besi yang terdiri atas 7,8 gram (28 mmol) $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 3,9 gram (14 mmol) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ditambahkan ke dalam campuran tersebut pada suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$. Campuran diaduk selama 30 menit, kemudian ditambahkan 100 ml NaOH 5M tetes demi tetes sehingga diperoleh komposit endapan berwarna hitam dengan nisbah bobot 1:2. Komposit yang terbentuk dicuci dengan air demineralisasi lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam.

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Yellow*

Panjang gelombang maksimum larutan *Remazol Yellow* 15 mg/L diukur menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis.

Uji Adsorpsi

Parameter uji adsorpsi zat warna *Remazol Yellow* adalah pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan. Pada pengaruh pH, larutan *Remazol Yellow* sebanyak 10 mL dengan konsentrasi 15 mg/L diatur pH menjadi pH 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 dengan penambahan NaOH 0,01 M dan HNO_3 0,01 M, kemudian kedalam masing-masing larutan ditambahkan 0,1 g adsorben karbon aktif magnetik Fe_3O_4 . Campuran diaduk dengan shaker pada kecepatan 150 rpm selama 24 jam. Larutan disaring dan konsentrasi *Remazol Yellow* pada filtrat dianalisa dengan instrument spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Pada pengaruh waktu kontak, sebanyak 10 mL larutan *Remazol Yellow* dengan konsentrasi 15 mg/L diatur pada pH optimum dan ditambahkan 0,1 g adsorben karbon aktif magnetic Fe_3O_4 , diaduk dengan kecepatan 150 rpm dengan variasi waktu pengadukan selama 15, 25, 30, 45, 60 dan 75 menit. Larutan disaring dan filtrat dianalisis dengan spektroskopi UV-Vis. Pada penentuan konsentrasi optimal *Remazol Yellow*, larutan *Remazol Yellow* sebanyak 10 mL dilakukan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80, 100, 125 dan 150 mg/L diatur pada pH optimum, kemudian ditambahkan 0,1 g adsorben karbon aktif magnetik dan diaduk dengan kecepatan 150 rpm dengan waktu pengadukan optimum. Larutan kemudian disaring dan filtrat dianalisa dengan spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

c) Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah penentuan efisiensi penyerapan yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1).$$

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pembuatan Karbon

Proses pembuatan karbon dilakukan proses pembakaran didalam furnace pada suhu 200-500 °C, pada proses penguapan air dan penguraian komponen yang terdapat pada cangkang sawit yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Proses penguraian hemiselulosa terjadi pada suhu 200-250 °C. Proses penguraian selulosa terjadi pada suhu 280-300 °C, sedangkan proses penguraian lignin terjadi pada 300-400 °C (Hartanto dan Ratnawati, 2010). Pada pemanasan 400-600 °C hamper 80% unsur karbon diperoleh dan selama proses karbonisasi, bahan sumber karbon mengalami fragmentasi yang akhirnya membentuk struktur heksagonal awal yang termostabil. Selanjutnya dilakukan penggerusan dan pengayakan dengan ukuran 100 µm. karbon cangkang kelapa sawit ukuran 100 µm diaktivasi dengan H₃PO₄ 10%. Esterlita dan Herlina (2015) menyatakan bahwa aktivator H₃PO₄ bereaksi dengan arang yang sudah terbentuk kemudian membentuk mikropori pada permukaan arang. Mikropori pada permukaan berfungsi sebagai tempat berlangsungnya peyerapan, hal ini akan membuat permukaan penyerapan pada karbon akan semakin luas.

Sebagai bahan perbandingan dibuat juga meningkatkan luas permukaan spesifik pori dan situs aktifnya. Selain itu, perlakuan aktivasi dengan menggunakan larutan asam dapat melarutkan pengotor pada material tersebut sehingga mulut pori menjadi lebih terbuka akibatnya luas permukaan spesifik porinya meningkat. Karbon cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Karbon cangkang kelapa sawit

Pembuatan karbon aktif magnetit Fe₃O₄

Metode ini dilakukan berdasarkan penelitian Oliviera et al, (2002). Suspensi karbon aktif dibuat dengan mencampurkan 6,5 g karbon aktif dengan 300 ml air demineralisasi lalu dipanaskan hingga mencapai suhu 70°C. Sebanyak 300 mL larutan garam besi yang terdiri atas 7,8 g FeCl₃.6H₂O (Fe³⁺) dan 3,9 g FeSO₄.7H₂O (Fe²⁺) ditambahkan ke dalam campuran tersebut. Jumlah Fe³⁺ dan Fe²⁺ yang dicampurkan pada perbandingan mol 2:1. Campuran diaduk selama 30 menit, kemudian ditambahkan 100 mL NaOH 5M tetes demi tetes sehingga diperoleh komposit dengan nisbah bobot 1:2. Reaksi pembentukan Fe₃O₄ ini dipercepat dengan pengadukan dan pemanasan pada suhu 70 °C. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



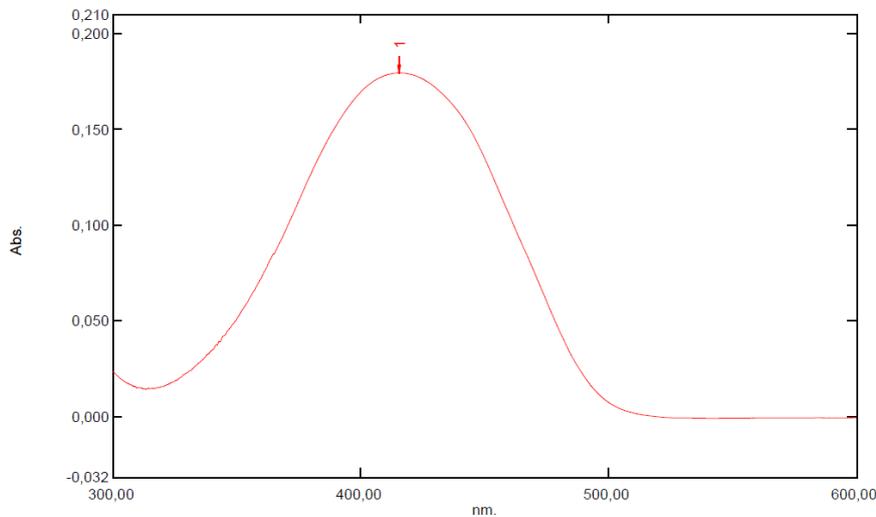
Adsorpsi Zat Warna Remazol Yellow

Uji adsorpsi dilakukan untuk menentukan kondisi optimum penyerapan zat warna *Remazol Yellow* oleh adsorben. Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi penentuan pH, waktu kontak, dan konsentrasi optimum. Konsentrasi zat warna *Remazol Yellow* pada larutan setelah proses adsorpsi diukur menggunakan instrumen UV-VIS pada panjang gelombang maksimum.

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna

Pada larutan zat warna *Remazol Yellow* dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum dari panjang gelombang 300-600 nm dengan spektroskopi UV-VIS. Panjang gelombang maksimum adalah panjang gelombang dimana terjadi transisi elektronik yang memberikan absorbansi yang optimum pada kurva ditandai dengan absorbansi tertinggi. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan diperoleh data bahwa absorbansi maksimal terjadi pada panjang gelombang 415,5 nm. Panjang gelombang maksimum digunakan

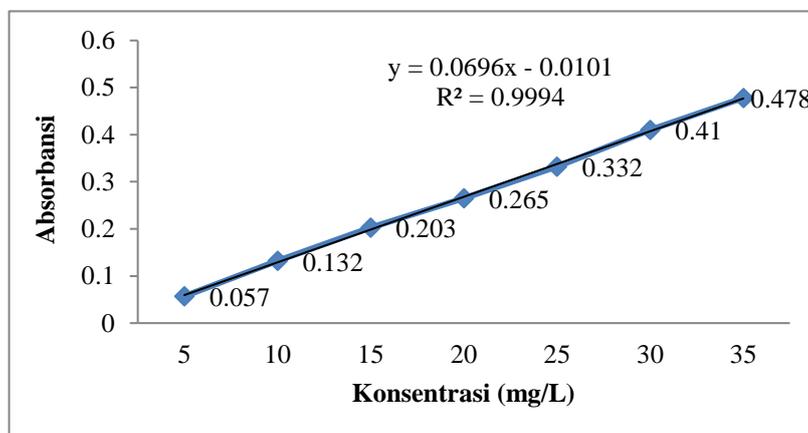
dalam setiap pengukuran dengan spektroskopi UV-VIS dan spektrum dapat dilihat pada Gambar 2. Kusumaningsih (2006) melakukan penyerapan zat warna *Remazol Yellow* pada limbah tekstil menggunakan alang-alang dan memperoleh panjang gelombang maksimum pada panjang gelombang 420 nm.



Gambar 2. Spektrum Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Remazol Yellow.

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi zat warna *Remazol Yellow* dilakukan dengan menentukan absorbansi larutan standar zat warna dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25, 30 dan 35 mg/L masing-masing sebanyak 20 mL. Pembuatan kurva kalibrasi standar antara absorbansi dan konsentrasi akan diperoleh suatu persamaan regresi linier yang digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan Remazol Yellow setelah adsorpsi. Pembuatan kurva kalibrasi standar dilakukan pada panjang gelombang maksimum yaitu 415,5 nm, data kurva kalibrasi standar yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3.



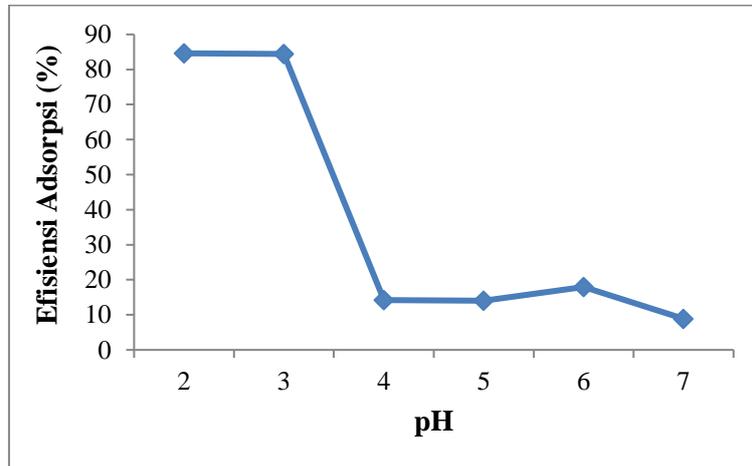
Gambar 3. Kurva Kalibrasi Zat Warna *Remazol Yellow*

Variasi pH

Salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah pH. Variasi pH dilakukan untuk menentukan kondisi pH optimum dari adsorpsi komposit karbon aktif magnetit Fe_3O_3 terhadap zat warna *Remazol Yellow*. Kondisi pH mengakibatkan perubahan distribusi muatan pada adsorben dan adsorbat sebagai hasil dari reaksi protonisasi dan deprotonisasi gugus fungsi.

Penentuan pH optimum dilakukan dengan memvariasikan pH 2-7. Hasil pengaruh pH terhadap efisiensi penyerapan dapat dilihat pada Gambar 4. Efisiensi penyerapan pada pH 2-3 cukup tinggi yaitu 80% dan pada pH 4-7 efisiensi penyerapan mengalami penurunan menjadi 10-12%. Berdasarkan hasil uji

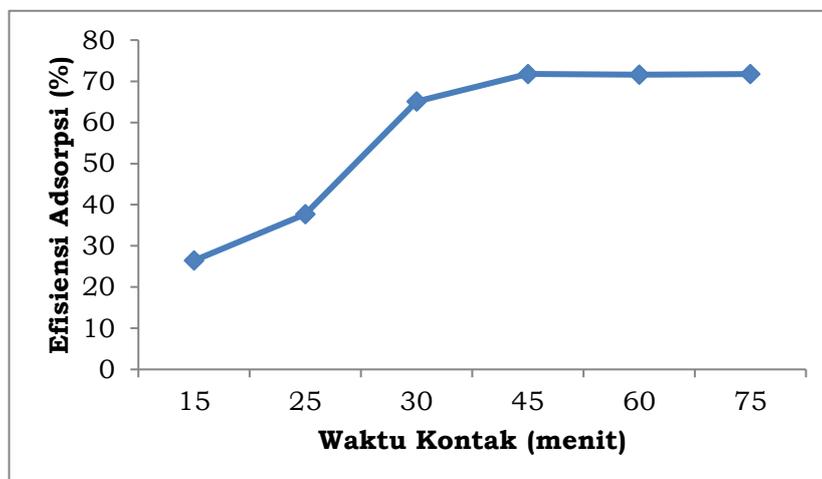
penyerapan komposit karbon aktif magnetit Fe_3O_4 terhadap zat warna *Remazol Yellow* menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan optimum terjadi pada pH 2, hal ini karena pada pH 2 terjadi komposisi yang paling optimal dari adsorben. Zat warna *Remazol Yellow* mempunyai sifat kationik pada pH asam seiring dengan semakin banyaknya ion H^+ yang ditambahkan, sehingga akan semakin banyak zat warna *Remazol Yellow* yang terikat pada adsorben. Pada pH yang lebih basa, nilai kapasitas adsorpsi menurun, karena meningkatnya konsentrasi ion OH^- akan mengurangi sifat kationik dari zat warna *Remazol Yellow*, sehingga menyebabkan kapasitas adsorpsi menurun.



Gambar 4. Pengaruh pH Terhadap Efisiensi penyerapan Remazol Yellow

Variasi Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi. Penentuan pengaruh waktu kontak bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh adsorben untuk menyerap senyawa zat warna *Remazol Yellow* secara maksimum sampai tercapai keadaan setimbang. Untuk mengetahui pengaruh waktu kontak terhadap persen adsorpsi zat warna *Remazol Yellow* dilakukan variasi waktu kontak dari 15, 25, 30, 45, 60, dan 75 menit. Hasil uji pengaruh waktu kontak terhadap daya serap adsorben dapat dilihat pada Gambar 5. Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi zat warna *Remazol Yellow* menunjukkan bahwa pada waktu kontak 15-30 menit persen adsorpsi zat warna *Remazol Yellow* masih rendah, hal ini karena belum sisi aktif permukaan adsorben belum terisi oleh zat warna dan kesetimbangan adsorpsi belum terjadi. Waktu kontak optimum tercapai pada waktu 45 menit dan mengalami penurunan pada waktu kontak 60 dan 75 menit.

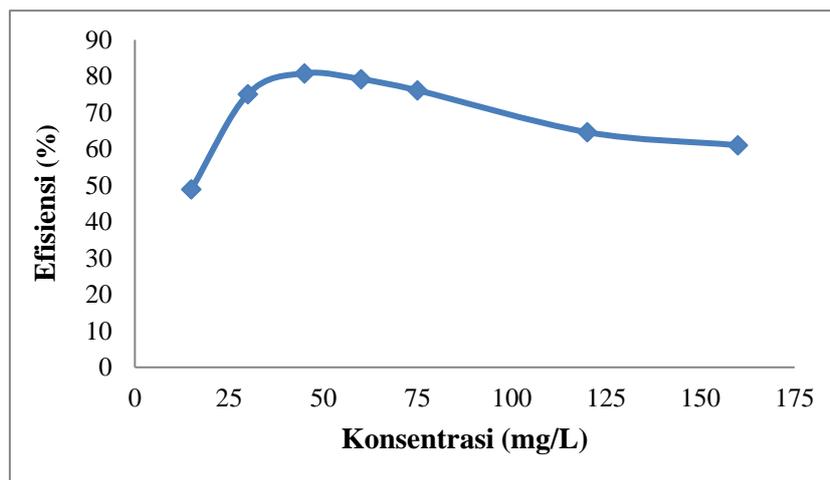


Gambar 5. Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Adsorpsi.

Pada Gambar 5 menunjukkan efisiensi adsorpsi optimal terjadi pada waktu kontak 45 menit dengan efisiensi sebesar 71,78% . Kenaikan cukup tinggi karena pada awal adsorpsi seluruh permukaan pori masih kosong dan molekul zat warna akan menempel dan membentuk suatu lapisan pada permukaan sehingga laju berlangsung cepat. Ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka permukaan yang kosong akan semakin berkurang sehingga kemampuan adsorben untuk menyerap molekul zat warna menurun, bersamaan dengan ini laju pelepasan kembali molekul zat warna justru meningkat hingga mencapai suatu kesetimbangan. Hal ini menandakan bahwa adsorben telah mencapai waktu kontak optimum. Adsorpsi larutan zat warna *Remazol Yellow* setelah melebihi 30 menit mengalami penurunan. Hal ini juga dapat disebabkan karena ketika telah mencapai waktu kontak optimum maka adsorben terlalu banyak mengalami desorpsi diakibatkan sisi aktif yang tersedia pada permukaan adsorben berkurang karena larutan zat warna membentuk suatu lapisan baru di permukaan adsorben sehingga menutupi lapisan adsorben. Penyerapan zat warna *Remazol Yellow* juga telah dilakukan oleh Sedyadi dan Huda, 2016 dan diperoleh waktu kontak optimal pada waktu 30 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar 27,03 mg/g.

Penentuan Konsentrasi optimal

Konsentrasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi. Konsentrasi awal zat warna *Remazol Yellow* akan mempengaruhi jumlah molekul zat warna *Remazol Yellow* yang teradsorpsi pada permukaan adsorben. Variasi konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 15, 30, 45, 60, 75, 120 dan 160 mg/L. Penentuan konsentrasi optimal dilakukan pada pH = 2 dan waktu kontak 45 menit dan hasil dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan antara variasi konsentrasi dengan efisiensi adsorpsi zat warna *Remazol Yellow*.

Konsentrasi optimum penyerapan zat warna *Remazol Yellow* pada adsorben komposit karbon aktif Fe_3O_4 maksimal pada 45 mg/L dengan efisiensi adsorpsi mencapai 80,82 %. Pada konsentrasi 60-160 mg/L efisiensi adsorpsi menurun, hal ini dikarenakan komposit sudah dalam keadaan setimbang sehingga tidak mampu lagi untuk menyerap konsentrasi zat warna *Remazol Yellow* yang lebih tinggi. Penyerapan zat warna *Remazol Yellow* menggunakan adsorben monmorilonit-kitosan diperoleh konsentrasi optimal pada konsentrasi 215 mg/L dengan kapasitas penyerapan sebesar 34,3 mg/g (Sedyadi dan Huda, 2016).

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa adsorben karbon aktif magnetit Fe_3O_4 dapat digunakan untuk penyerapan zat warna *Remazol Yellow*. Kondisi optimum penyerapan zat warna *Remazol Yellow* menggunakan adsorben komposit karbon aktif magnetik Fe_3O_4 adalah pada pH 2 dengan efisiensi penyerapan 84, 61%, waktu kontak 45 menit dengan efisiensi penyerapan 71,79% dan konsentrasi 45 mg/L dengan efisiensi penyerapan sebesar 80,82 %.

Daftar Pustaka

- Adak, A., Bandyopadhyay, M., and Pal, A. (2006). Fixed bed column study for the removal of crystal violet (C.I. Basic Violet 3) dye from aquatic environment by surfactant-modified alumina. *Dyes and Pigments*, 69, 245–251.
- Armagan, B., Turan, M., & Celik, M.S. (2004). Equilibrium studies on the adsorption of reactive azo dyes into zeolite. *Desalination*, 170, 33–39.
- Castro, C. S., M.C. Guerreiro., M. Goncalves., Oliveira dan Anastacia AS. (2009). Activated carbon/iron oxide composites for the removal of atrazine from aqueous medium. *J. Hazardous Mat*, 164, 609–614.
- Esterlita, M.O., Herlina, N. (2015). Pengaruh Penambahan Aktifator $ZnCl_2$, KOH, DAN H_3PO_4 Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepeh Aren (Arenaga Pinnata). *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 4(1), 47-52.
- Fisli., A., Ariyani, A., Wardiyati, S dan Yusuf, S. (2012). Adsorben Magnetik Nanokomposit Fe_3O_4 -Karbon Aktif Untuk Menyerap Thorium. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol 13(3), 192-197.
- Gemeay, A. H., Aboelfetoh, E. F., and El-Sharkawy, R. G. (2018). Immobilization of green synthesized silver nanoparticles onto amino-functionalized silica and their application for indigo carmine dye removal. *Water, Air, & Soil Pollution*, 229, 16.
- Haji, A. G. (2013). Komponen Kimia Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 9 (3), 109-116.
- Hartanto, S dan Ratnawati. (2010). Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Aktifasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol 12(1), 12-16.
- Kara, S., Aidiner, C., Damribas, E., Kobya, M dan Dizge, N. (2006). Modeling The Effect Adsorbent Dose And Particle Size On Adsorption Of Reactive Dyes By Fly Ash. *Journal Desalination*, 212, 282-293.
- Kuleyin, A and Aydin, F. (2010). Removal of Reactive Textile Dyes (Remazol Brilliant Blue R and Remazol Yellow) by Surfactant-Modified Natural Zeolite. *Environmental Progress and Sustainable Energy*. Vol.30 (2), 140-151.
- Kusumaningsih, T., Masykur, A., Supriyanto, R. (2006). Adsorpsi Zat Warna Remazol Yellow FG Pada Limbah Tekstil Oleh Alang-alang (*Imperata cylindrica (L.) Raeush*). *Biofarmasi*, 4 (1), 27-33.
- Maghfiroh, L., Ulfan, I dan Juwono, H. (2016). Pengaruh pH terhadap Penurunan Zat Warna Remazol Yellow FG Oleh Adsorben Selulosa Bakterial Nata De Coco. *Jurnal Sains Dan Seni*, Vol 5(2), 2337-3520.
- Oliveira, L.C.A., Rios, R.V.R.A., Fabris, J.D., Garg, V., Sapag, K., Lago, R.M. (2002). Activated carbon/iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water. *Carbon*, 40, 2177-2183.
- Salleh, M. A. M., Mahmoud, D. K., Karim, W. A.W. A., & Idris, A. (2011). Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review. *Desalination*, 280, 1–13.
- Sulungbudi, G.T., Mujamilah dan Handayani, A. 2012. Sintesis Nanopartikel Magnetik Core/Shell Fe/Oksida Fe dengan Metode Reduksi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol 3(3), 182-187.
- Tran, H. N., Lee, C.-K., Vu, M. T., and Chao, H.P. (2017). Removal of copper, lead, methylene green 5, and acid red 1 by saccharide-derived spherical biochar prepared at low calcination temperatures: adsorption kinetics, isotherms, and thermodynamics. *Water, Air & Soil Pollution*, 228, 401-408.
- Wang, H., Shen, Y., Shen, C., Wen Y dan Li, H. (2012). Enhanced Adsorption of Dye On Magnetic Fe_3O_4 Via Hcl-Assisted Sonication Pretreatment. *Colloid and Surface B: Biointerface*, 284, 122- 127.

Wu, Q., Feng, C., Wang C dan Wang, Z. (2013). A Facile One-Pot Solvothermal Method To Produce Superparamagnetic Graphene-Fe₃O₄ Nanocomposite and Its Application In The Removal Of Dye From Aqueous Solution. *Colloid and Surface B : Biointerface*, 101, 210-214.