

PEMANFAATAN TONGKOL JAGUNG UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA *REACTIVE BLUE 19*

Herry Purnama¹⁾, Ambar Rahman Kurnianto²⁾

¹Fakultas Teknik, Prodi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta
email: hp269@ums.ac.id

²Fakultas Teknik, Prodi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta
email: a.rahman_kurnianto@yahoo.co.id

Abstract

Coloring process is a dominant step in the textile industry, and this process takes a lot of dyes which eventually became the largest element in textile wastewater. One of the dyes used is Remazol Brilliant Blue or Reactive Blue 19 (RB19). The dyes lead to cause an environmental problems since they decrease the water quality. The research was carried out in a batch system for the absorption of the dye by using active carbon derived from corn cobs. The purpose of this study is to investigate the influence of dye concentration, initial pH of the waste, and time of adsorption. Adsorption is conducted by varying the concentration of the adsorbate (25, 50, 75, and 100 mg/L), pH (5, 7, 9, and 11). The results showed an effective adsorbent of corncobs at low concentration and high pH. Data analysis uses two approaches of adsorption isotherm, i.e. Langmuir and Freundlich equation. From both the isotherms, Freundlich isotherm produce smaller error of data, variations in the amount of 0.0139 to 0.0387 for the concentration and pH variation respectively. This shows that the corn cob is an excellent adsorbent for the adsorption of RB19.

Keywords: *adsorption, corn cobs, Reactive Blue 19, isotherm*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan populasi penduduk, industri tekstil di Indonesia senantiasa terus berkembang. Perkembangan industri ini dapat dilihat dari nilai ekspor tekstil dan produk tekstil (TPT) yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan TPT tidak dapat dipisahkan dari proses pewarnaan dan kebutuhan zat warna tekstil.

Zat warna merupakan senyawa organik yang mengandung gugus kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna. Zat warna reaktif merupakan zat warna yang banyak digunakan untuk pewarnaan produk tekstil. *Remazol Brilliant Blue* atau *Reactive Blue 19* (RB19) merupakan salah satu zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil. Zat warna reaktif dapat mencelup serat selulosa dalam kondisi tertentu dan membentuk reaksi kovalen dengan serat (Isminingsih, 1973).

Penggunaan zat warna di dunia tekstil dapat menimbulkan permasalahan lingkungan akibat limbah yang dihasilkan. Limbah dari industri

tekstil ini sangat berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan. Sebagian besar pengolahan limbah cair konvensional menggunakan proses biologi, sedangkan zat warna tekstil merupakan senyawa aromatik yang sukar terurai oleh sistem pengolahan air limbah secara biologi. Pengolahan limbah zat warna menjadi sulit karena struktur aromatik pada zat warna yang sulit dibiodegradasi, khususnya zat warna reaktif karena terbentuknya ikatan kovalen yang kuat antara atom C dari zat warna dengan atom O, N atau S dari gugus hidroksi, amina atau thiol dari polimer. Selain itu, cara pengolahan secara biologis memerlukan biaya yang cukup mahal terutama dalam pengoperasiannya.

Pengolahan air limbah dengan proses adsorpsi secara kontinu merupakan cara yang mudah dan murah untuk mengolah limbah cair industri tekstil. Penggunaan adsorben yang murah dan ramah lingkungan sangat diperlukan untuk menekan biaya proses adsorpsi. Salah satu adsorben yang potensial untuk dikembangkan adalah karbon aktif dari tongkol

jagung. Lara et al (2004) melaporkan penggunaan karbon aktif tempurung kelapa sebagai adsorben dapat mengurangi kadar zat warna dari *Remazol Brilliant Blue* pada air limbah produk tekstil.

2. KAJIAN LITERATUR

a. Limbah Tekstil

Limbah tekstil merupakan limbah yang dihasilkan dalam proses penganjian, proses penghilangan kanji, penggelantangan, pemasakan, merserisasi, pewarnaan, pencetakan dan proses penyempurnaan. Limbah tekstil sebagian besar dihasilkan dari proses pewarnaan, sebagai akibat dari zat warna yang digunakan tidak seluruhnya diserap oleh kain sehingga effluen yang dihasilkan merupakan sisa zat warna dan zat pembantu lainnya. Zat warna tersebut menyebabkan air limbah yang berwarna dengan kadar COD yang tinggi dan mengandung zat aromatik seperti fenol dan logam berat lainnya (Yogi, 2007).

Karakteristik limbah tekstil dapat terlihat secara visual seperti warna badan air yang terlalu pekat. Dengan pengujian di laboratorium seperti air yang bersifat basa, terdapat padatan tersuspensi tinggi, mempunyai pH tinggi, BOD tinggi (kandungan BOD bervariasi antara 50-10.000 mg/L, tergantung pada macam jenis tekstil yang dihasilkan, jenis zat warna, dan proses yang digunakan).

Limbah industri tekstil banyak mengandung bahan kimia karsinogen dan mutagen seperti benzena, logam, dan lain-lain dan menyebabkan masalah lingkungan yang serius. Sifat racun dari zat warna tekstil dapat memberi dampak negatif bagi kesehatan manusia. Seperti alergi kulit, iritasi, kanker, dan mutasi.

Pada proses pewarnaan menghasilkan limbah berupa zat anorganik nitrogen dan urea, zat pengental yang mempunyai COD tinggi, zat warna, dan kadang-kadang kandungan logam krom (Cr) dan tembaga (Cu) (Sulistiyoweni, 1994).

Sebagian besar limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan dan pencelupan tidak bisa terdegradasi secara biologi. Sementara, sebagian besar pengolahan limbah cair konvensional menggunakan proses biologi.

Cara ini hanya bisa mengurangi kadar Biological Oxygen Demand (BOD) dalam air limbah, namun tidak bisa mengatasi limbah yang berasal dari pencelupan warna secara optimal. Untuk mengatasi limbah cair yang berasal proses pewarnaan dan pencelupan diperlukan lebih dari satu proses pengolahan limbah atau dengan kombinasi dari beberapa proses pengolahan limbah (Chatterjee et al, 2001).

Beberapa metode pengolahan limbah cair tekstil telah banyak dikembangkan. Beberapa metode yang bisa digunakan adalah kombinasi adsorpsi dengan nanofiltrasi (NF) untuk penjerapan zat warna reaktif dengan proses batch, penghilangan limbah zat warna dengan metode filtrasi diikuti koagulasi, kombinasi metode oksidasi elektrokimia dan lumpur aktif untuk pengolahan limbah cair industri tekstil (Gupta, 2008). Sekarang ini, metode adsorpsi paling banyak dipakai untuk penjerapan zat warna karena prosesnya lebih mudah dan efisien.

Adsorpsi adalah pemisahan komponen tertentu dari suatu fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (McCabe, 1993). Pemilihan proses adsorpsi yang akan digunakan untuk pemisahan disesuaikan dengan kondisi agregasi campuran yang akan dipisahkan (padat, cair, gas), konsentrasi bahan yang akan dipisahkan, adsorben yang paling cocok, metode regenerasi yang diperlukan, maupun pertimbangan ekonominya (Bernasconi, 1995).

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Ukuran partikel adsorben (bahan penjerap);
- Ukuran partikel karbon mempengaruhi proses adsorpsi, tingkat adsorpsi akan naik dengan penurunan ukuran partikel. Ukuran yang baik untuk proses penjerapan antara -100 / +200 mesh.
- Konsentrasi adsorbat (bahan yang dijerap);
- Pada konsentrasi yang rendah, jumlah bahan yang dijerap sedikit. Sedangkan pada konsentrasi yang tinggi jumlah bahan yang dijerap lebih banyak. Hal

ini disebabkan, kemungkinan frekuensi tumbukan antar partikel semakin besar.

- Temperatur;
- Tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan turun diikuti dengan penurunan temperatur
- Ukuran molekul adsorbat;
- Gaya tarik antara karbon dan molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin mendekati ukuran pori karbon. Tingkat adsorpsi tertinggi terjadi jika pori karbon cukup besar untuk dilewati oleh molekul.
- pH;
- Derajat keasaman mempengaruhi adsorpsi karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan, pH yang baik berkisar antara 8-9. Senyawa asam organik dapat diadsorpsi pada pH rendah dan sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi.
- Waktu kontak;
- Waktu kontak yang lama akan mempengaruhi kecepatan penjerapan zat warna. Kecepatan penjerapan akan relatif konstan ketika adsorben telah mendekati kesetimbangan (Gupta, 2000).

Penggunaan adsorben yang murah dan ramah lingkungan perlu dilakukan agar biaya proses adsorpsi dapat ditekan. Adsorben dari bahan alam yang ramah lingkungan atau material hasil limbah industri merupakan bahan yang potensial untuk digunakan. Adapun syarat sebagai adsorben memiliki surface area yang luas, volume internal yang besar, yang ditunjukkan dengan porositas. Kekuatan mekanis yang baik serta ketahanan terhadap abrasi merupakan sifat yang penting, mengingat adsorben akan mengalami proses regenerasi berulang-ulang pada saat digunakan. Agar dapat memisahkan bahan dengan baik, maka adsorben harus memiliki kemampuan transfer massa yang baik (Yang, 2003).

Beberapa adsorben yang umumnya digunakan dalam pengolahan limbah cair industri tekstil adalah: (1) alumina, adsorben sintetik yang berupa butiran kristal gel dan biasanya terdapat di dalam limbah bauksit; (2) silika gel, butiran nonkristal yang memiliki luas

permukaan yang besar; silika merupakan adsorben yang paling mahal; (3) karbon aktif, karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, sehingga mempunyai daya serap yang tinggi; (4) zeolit, senyawa alumina silikat, berwarna putih kapur dengan kandungan silikat tinggi, mempunyai struktur kristal dengan diameter pori yang seragam. Zeolit sintesis dari *fly ash* batu bara dapat mengadsorpsi limbah cair zat warna tekstil (Chunfeng, 2009).

2.1. Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah hubungan kesetimbangan antara konsentrasi dalam fase fluida dan konsentrasi di dalam partikel adsorben pada suhu tertentu. Untuk gas, konsentrasi itu biasanya dinyatakan dalam persen mol atau tekanan parsial. Untuk zat cair, konsentrasi itu dinyatakan dalam satuan massa, seperti bagian per sejuta (parts per million, ppm). Konsentrasi adsorben pada zat padat dinyatakan sebagai massa yang teradsorpsi per satuan massa adsorben awal. (Mc. Cabe, dkk, 1987).

Adapun macam-macam isoterm adsorpsi yang akan diuji adalah isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

Isoterm Langmuir merupakan metode isoterm yang paling sederhana. Langmuir menganggap permukaan suatu zat padat, sebagian terdiri dari ruang elementer yang masing-masing dapat mengadsorpsi satu molekul cair atau gas. Ia membuat persamaan yang menunjukkan laju adsorpsi dan desorpsi untuk zat cair maupun gas pada permukaan padat. Cara langmuir ini, memberikan dasar yang sistematis untuk menyusun laju reaksi katalitik heterogen.

Asumsi-asumsi yang digunakan pada isoterm adsorpsi Langmuir: (a). Setiap situs aktif/daerah adsorpsi hanya dapat ditempati oleh satu molekul adsorbat; (b). Adsorbat yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan monomolekul dan terjadi dipermukaan adsorben; (c). Permukaan adalah homogen, artinya aktivitas dari setiap kedudukan ikatan untuk molekul gas adalah sama; (d) Energi aktivasi untuk semua tempat adalah sama.

Secara matematis dapat dijelaskan dengan persamaan berikut (Alberty, 1987):

$$Q = \frac{Q_m \cdot K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{1}{Q} = \frac{1 + K \cdot C_e}{Q_m \cdot K \cdot C_e} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_m \cdot K} \cdot \frac{1}{C_e} + \frac{1}{Q_m} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

C = Konsentrasi cairan zat warna mula- mula (mg/L);

Ce = Konsentrasi zat warna setelah adsorpsi (mol zat/g padatan adsorben);

Q = Konsentrasi yang teradsorpsi (mol zat/gr padatan adsorben).

Isoterm Freundlich sering digunakan dalam adsorpsi pada zat cair. Asumsi dari isoterm ini didasarkan bahwa ada permukaan heterogen dengan beberapa tipe pusat adsorpsi yang aktif.

$$Q = K \cdot C_e^{1/n} \dots\dots\dots(4)$$

Sehingga persamaan dapat ditulis:

$$\log Q = \log K + (1/n) \cdot \log C_e \dots\dots\dots(5)$$

Dengan:

K = konstanta 1

1/n = konstanta 2

Dari persamaan di atas kita dapat menghubungkan log Q dengan log K dan membandingkan titik yang paling sesuai dengan kuadrat terkecil dengan grafik. Cara terbaik untuk melakukan hal ini adalah dengan menutup koefisien penentuan garis kuadrat terkecil (Atkins, 1999).

Untuk kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan

$$Q = \frac{V(C - C_e)}{m} \dots\dots\dots(6)$$

Dengan:

Q = Konsentrasi yang teradsorpsi (mol zat/gr padatan adsorben)

V = Volume zat warna (L)

C = Konsentrasi cairan zat warna (mol/L)

Ce = Konsentrasi zat warna setelah adsorpsi (mol zat/g padatan adsorben).

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, preparasi tongkol jagung, proses aktivasi adsorben, proses pembuatan limbah sintesis, proses adsorpsi zat warna, analisis zat warna, dan analisis data percobaan.

Tongkol jagung dicuci dengan air mengalir dan aquades sampai bersih, setelah itu dikeringkan dalam oven, digiling sampai berukuran 100 mesh (Horsfall et al. 2003). Serbuk tongkol jagung ini selanjutnya disebut adsorben tanpa modifikasi.

Adsorben tongkol jagung diayak dengan ukuran 100 mesh dengan Sieve Shaker (AG-515 MBT), kemudian ditambah H₂O₂ 0,2 N kemudian diaduk dan diamkan selama 90 menit. Kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam Oven (WTB binder) pada suhu 50⁰C selama 24 jam. Setelah itu dimasukkan ke desikator.

Zat warna Remazol Brilliant Blue sebanyak 10 gram dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian ditambahkan aquades sampai tanda batas dan dikocok sampai homogen. Setelah itu, diambil sebanyak 2,5; 5; 7,5; dan 10 mL. Kemudian masing-masing diencerkan dalam labu ukur 1000 mL.

Untuk variasi konsentrasi: limbah sintesis sebanyak 500 mL dengan variasi konsentrasi 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L, dan 100 mg/L dimasukkan ke dalam gelas beker, kemudian ditambahkan 10 gram tongkol jagung yang sudah diaktifasi. Campuran kemudian diaduk menggunakan Stirrer pada kecepatan 700 rpm. Sampel diambil pada selang interval 0, 5, 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Sampel disaring dengan kertas saring (Whatman 42) dan dimasukkan ke dalam Cuvette (Plastibrand) kemudian diukur konsentrasinya dengan menggunakan Spektrofotometer (UV/VIS Spektro Citra 6).

Untuk variasi pH: limbah sintesis sebanyak 500 mL dengan konsentrasi 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L, dan 100 mg/L dengan variasi pH 5, 7, 9 dan 11 dimasukkan ke dalam gelas beker, kemudian ditambahkan 10 gram tongkol jagung

yang sudah diaktifkan. pH diatur dengan menambahkan HCl atau NaOH. Campuran kemudian diaduk menggunakan *stirrer* pada kecepatan 700 rpm. Sampel diambil pada selang interval 0, 5, 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Sampel disaring dengan kertas saring (Whatman 42) dan dimasukkan ke dalam Cuvette (Plastibrand) kemudian diperlakukan sama seperti di atas.

Analisa hasil dalam percobaan ini menggunakan metode spektrofotometri. Spektrofotometri dikembangkan beberapa puluh tahun lalu untuk keperluan para fisikawan dan kimiawan dalam mempelajari struktur molekul dan mengembangkan dengan teori molekul. Kini spektrofotometer juga banyak digunakan untuk berbagai studi bahan, lingkungan ataupun untuk mengontrol suatu proses kimiawi dalam industri.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian adsorpsi ini digunakan limbah sintesis berupa Remazol Brilliant Blue dan tongkol jagung sebagai adsorben dilakukan dengan berbagai variasi diantaranya variasi konsentrasi (25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L), variasi pH (5, 7, 9, 11), dan variasi waktu (5, 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit) yang digunakan untuk mengetahui saat terjadinya kesetimbangan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hubungan antara pengaruh variabel waktu dengan jumlah konsentrasi adsorpsi.

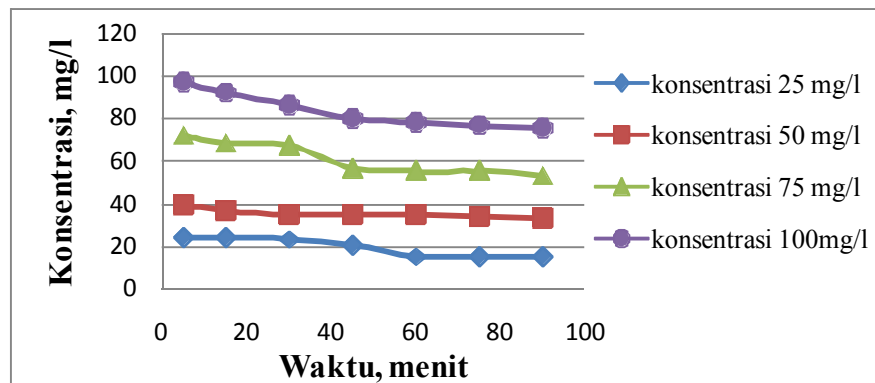
Berdasarkan data pada Gambar 1 dan 2 dapat diketahui bahwa konsentrasi sampel akan berkurang dengan bertambahnya waktu baik variasi pH maupun variasi konsentrasi. Adanya penurunan konsentrasi zat warna setelah proses adsorpsi membuktikan bahwa tongkol jagung dapat digunakan untuk menjerap zat warna Remazol Brilliant Blue. Tongkol jagung

berfungsi sebagai adsorben yang akan menjerap zat warna tersebut, sehingga akan menempel pada adsorben. Dari data tersebut maka konsentrasi solut yang teradsorpsi (Q) dapat dihitung.

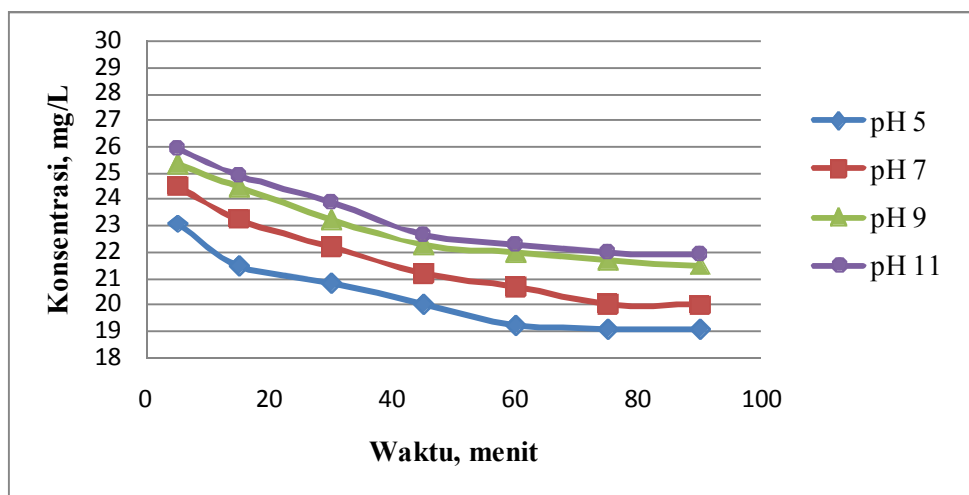
Hubungan antara konsentrasi sampel dengan konsentrasi solut yang teradsorpsi (Q) diperoleh hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi zat warna maka akan semakin tinggi juga konsentrasi solut pada adsorben. Hal ini menunjukkan bahwa penjerapan zat warna oleh tongkol jagung dapat lebih optimal pada konsentrasi tinggi.

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah pH. Pada konsentrasi rendah 25 mg/L, pengaruh pH terhadap konsentrasi solut yang teradsorpsi (Q), menunjukkan bahwa adsorpsi RB19 oleh adsorben tongkol jagung pada range pH 5-11 meningkat seiring dengan meningkatnya pH. Fenomena ini dapat diterangkan sebagai berikut, pada permukaan adsorben tongkol jagung terdapat gugus aktif yang bermuatan parsial positif yaitu gugus karboksil, sehingga pada waktu penambahan basa zat warna RB19 cenderung menjadi bermuatan parsial negatif yang akan menyebabkan terjadinya interaksi antara dipol-dipol dipermukaan adsorben tongkol jagung sehingga adsorpsi akan meningkat.

Pada kondisi asam dengan penambahan H⁺ mengakibatkan zat warna cenderung bermuatan parsial positif, yang akan mengakibatkan terjadinya tolakan elektrostatis antara zat warna dengan permukaan adsorben tongkol jagung yang juga bermuatan parsial positif sehingga adsorpsi yang terjadi relatif rendah. pH optimal diperoleh pada pH 11 dimana terjadinya kesetimbangan antara zat warna dengan ion hidroksil didalam larutan, sehingga zat warna mampu menangkap ion hidroksil yang ditambahkan.



Gambar 1. Hubungan antara waktu adsorpsi dan konsentrasi kesetimbangan (Ce) sebagai fungsi variasi konsentrasi zat warna



Gambar 2. Hubungan antara waktu adsorpsi dan konsentrasi kesetimbangan (Ce) sebagai fungsi pH

Pada awal proses adsorpsi, kenaikan jumlah solut yang terjerap oleh tongkol jagung sangat tinggi, tetapi lama-kelamaan akan semakin berkurang karena adsorbat akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu lagi untuk menyerap zat warna. Adsorpsi Langmuir akan lebih jenuh karena penjerapan hanya bersifat monolayer sehingga daerah aktif pada adsorben tidak dapat mengikat zat warna lebih banyak (lebih dari satu molekul/lapis).

Berdasarkan perbandingan konsentrasi sampel setelah adsorpsi (C_e) dengan konsentrasi solut teradsorpsi antara Q_{data} dan Q_{hitung} , dapat diketahui bahwa dengan menggunakan isoterm adsorpsi Langmuir terjadi error sebesar 0,6832 untuk variasi konsentrasi dan 0,0712 untuk variasi pH. Hal

ini diakibatkan karena model isoterm adsorpsi Langmuir tidak sesuai untuk percobaan ini karena menganggap bahwa luas permukaan daerah aktif adsorben adalah sama (homogen).

Sebaliknya, dengan menggunakan isoterm adsorpsi Freundlich terjadi error sebesar 0,0139 dan 0,387 Hal ini menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi Freundlich adalah isoterm adsorpsi yang sesuai untuk percobaan ini, mengingat bahwa isoterm ini digunakan untuk adsorpsi zat cair dan berasumsi bahwa luas permukaan daerah aktif pada adsorben berbeda-beda. Adapun terjadinya error tersebut karena proses adsorpsi kurang berjalan maksimal, seperti pengaruh waktu proses adsorpsi maupun dalam analisis dengan spektrofotometer.

Berdasarkan perhitungan besaran error pada isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich, diperoleh jumlah error terkecil (baik untuk variasi konsentrasi maupun variasi pH) terjadi pada isoterm adsorpsi Langmuir. Hal ini menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi Langmuir merupakan isoterm adsorpsi yang paling cocok untuk percobaan yang telah dilakukan.

5. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tongkol jagung mempunyai kemampuan yang baik untuk mengurangi kadar zat warna Remazol Brilliant Blue dalam limbah tekstil.

Kondisi optimum adsorpsi zat warna Remazol Brilliant Blue menggunakan adsorben tongkol jagung pada konsentrasi 25 mg/L, pH 11 dan waktu pengadukan 90 menit.

Isoterm adsorpsi Freundlich merupakan isoterm adsorpsi yang paling cocok untuk percobaan ini karena memberikan jumlah error terkecil

6. REFERENSI

- Bernasconi, G. et al. 1995. *Teknologi Kimia bagian 2*. Terjemahan oleh Lienda Handoyo. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Chatterjee, D., B. Ruj, and A. Mahata. 2001. Adsorption and Photocatalysis of Colour Removal From Wastewater Using Fly ash and Sunlight. *Catalysis Communication*. 2: 113-117.
- Chunfeng, W., L. Jianseng, W. Lianjun, S. Xiuyun, and H. Jiajia. 2009. Adsorption of Dye from Wastewater by Zeolites Synthesized from Fly Ash: Kinetic and Equilibrium Studies. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 17: 513-521
- Dewa, I.K., Sastrawidana, I., Lay, B., Fauzi, A., Santosa, D., 2008, *Pengolahan Limbah Tekstil Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik Menggunakan Biofilm Bakteri Konsorsium Dari Lumpur Limbah Tekstil*. *Jurnal Seminar Nasional Teknologi Industri*, hal 74 – 80.
- Gupta, V. K., D. Mohan, S. Sharma and M. Sharma (2000), Removal of Basic Dyes (Rhodamineb and Methylene Blue) from Aqueous Solutions Using Bagasse Fly Ash, *Separation Science Technology*. 35: 2097–2113.
- Gupta, V. K. and Suhas. 2008. Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. *Journal of Environmental Management*. 30: 1-30.
- Isminingsih, R., Jufri., 1973, *Pengantar Kimia Zat Warna*, ITB, Bandung.
- Lara, P. N., Retno, A, L., Rahmad, N (2004), Dekolorisasi Remazol Brilliant Blue dengan Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Manurung, R., R. Hasibuan, dan Irvan. 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob*. *Jurnal Penelitian Universitas Sumatra Utara*.
- McCabe, J. W. Smith, and P. Harriot. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering*. 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- Sulistyoweni. 1994. *Penanganan Limbah Industri Tekstil Di DKI Jakarta*, Pusat Penelitian Sumber Daya manusia dan Lingkungan. Jakarta: Lembaga Penelitian UI.
- Treyball, R. E. 1981. *Mass-Transfer Operation*. 3rd ed. Tokyo: McGraw-Hill Book Co.
- Yang, R. T. 2003. *Adsorbents: fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Inc. pp. 86-88.
- Yogias. 2007. *Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Tekstil*, <http://yogias.ngeblogs.com/2010/01/04/pengolahan-dan-pemanfaatan-limbah-tekstil/>, (dk. 07 Januari 2007).