

Adsorpsi Zat Warna Rhodamine-B Menggunakan Fly Ash Sawit yang Dimodifikasi dengan NaOH Sebagai Adsorben

Charismayani¹, Edy Saputra², Ahmad Fadli²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas km 12,5 Pekanbaru 28293

Charismayani@gmail.com

ABSTRACT

Rhodamine B contributes significantly to environmental pollution, because it is non-biodegradable, toxic and harmful to the environment. One effort to reduce the amount of Rhodamine B is the adsorption process. The purpose of this study to determine the effect of adsorption temperature, pH, adsorbent mass. Knowing the optimum conditions for reducing the levels of dye in the water, as well as determine the adsorption equilibrium models Rhodamine B using fly ash oil modified with 1.4 NaOH as an adsorbent. fly ash modification processes are done by mixing fly ash and NaOH in the ratio 1: 4. The adsorption process is conducted by mixing fly ash oil and pH solution of rhodamine B. The optimum conditions for reducing the levels of rhodamine B in water is the adsorbent mass of 5 g/L, temperature of 45°C and pH 2. Thermodynamic data such as ΔH , ΔG and ΔS were calculated. And the mechanism of rhodamine B dye adsorption by fly ash oil is dominated by Freundlich isotherm models representing physical adsorption.

Keyword: Adsorption, Rhodamine B, Fly Ash, Isothermal Adsorption

1. Pendahuluan

Zat warna dalam industri tekstil memiliki perkembangan dari tahun ke tahun. Namun, Kebanyakan industri tekstil menggunakan pewarna sintetis dengan alasan murah, tahan lama, mudah diperoleh dan mudah dalam penggunaannya, namun limbah yang dihasilkan mengandung pewarna sintetis tersebut dan juga sulit terdegradasi. Limbah tekstil tersebut mengandung zat warna senyawa organik dari jenis prosion, erionil, auramin maupun Rhodamine B. Penggunaan rhodamin B dalam industri akan mengakibatkan senyawa tersebut banyak ditemukan dalam limbah cair hasil industri. Limbah cair hasil industri tanpa pengelolaan lebih lanjut kemudian dialirkan ke sungai-sungai yang akan dimanfaatkan oleh masyarakat untuk keperluan sehari-hari. Hal ini akan memberikan banyak dampak yang fatal terhadap kehidupan masyarakat terutama

dalam bidang kesehatan. Rhodamin B dalam tubuh dapat mengakibatkan timbulnya berbagai penyakit serius seperti kanker, gangguan fungsi hati, dan kerusakan pada ginjal (Arief *et al.*, 2007). Oleh karena itu penghilangan polutan bahan pewarna dan logam berat dari limbah cair menjadi fokus dalam penelitian ini. Penghilangan polutan dapat dilakukan dengan beberapa teknik, diantaranya presipitasi, flokulasi, adsorpsi, *ion exchange*, dan separasi membran (Ghaedi *et al.*, 2011). Penghilangan polutan bahan pewarna dan logam berat secara ekonomis menjadi hal yang sangat penting. Adsorpsi menjadi salah satu metode pemisahan yang paling efektif dalam pemisahan air baik dalam segi ekonomi, disain, sistem operasi dan sensitifitas terhadap zat beracun (Mohammad *et al.*, 2010). Sehingga adsorpsi menjadi metode dalam penelitian ini. Berbagai adsorben yang telah diteliti

antara lain pemanfaatan material seperti abu sekam padi, kaolin dan *fly ash*.

Produksi pabrik kelapa sawit (PKS) di Provinsi Riau mencapai 6 juta ton per tahun, atau setara dengan 26% produksi nasional. Setiap ton minyak sawit yang dihasilkan akan menghasilkan limbah padat sebanyak 2,1 ton (Saputra *et al.*, 2004). *Fly ash* sawit adalah limbah hasil dari proses pembakaran boiler oleh pabrik pengolahan minyak sawit. Abu terbang termasuk kategori Bahan Berbahaya Beracun (B3) pada 3 lampiran I, tabel 2 PP No. 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. *Fly ash* ini memiliki karakteristik yang mirip dengan karbon aktif, hal ini berdasarkan *Chemical Engineering Alliance Innovation (ChAIN) center* pada tahun 2006. Abu terbang (*fly ash*) sawit berpotensi besar dimanfaatkan menjadi material penyerap dikarenakan *fly ash* sawit yang melimpah di daerah Riau, dengan melakukan sedikit modifikasi dengan memperbesar luas permukaan dan pori-porinya dengan aktivasi kimia menggunakan larutan asam.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan yaitu *fly ash* sawit yang berasal dari PTPN V dan NaOH digunakan untuk pembuatan adsorben termodifikasi. Rhodamine B dari Mercks, dan *fly ash* termodifikasi, NaOH dan HCl digunakan untuk proses adsorpsi. Bahan kimia lainnya adalah akuades, methanol.

Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan 100 mesh, satu set motor pengaduk, vakum filtrasi, oven, furnace, timbangan analitik, reactor alas datar, hot plate, termometer, dan peralatan gelas seperti gelas kimia, gelas ukur, dan lain-lain.

Pembuatan Limbah Tekstil *Artificial*

Zat warna yang digunakan adalah zat warna yang banyak digunakan pada industri tekstil yaitu *Rhodamine B*, kemudian dibuat limbah tekstil buatan

(limbah *artificial*). Limbah *artificial* diperoleh dengan cara melarutkan 1000 mg *Rhodamine B* dengan aqua DM sampai volume 1000 ml sehingga didapat konsentrasi larutan induk 1000 ppm yang akan diencerkan menggunakan aqua DM.

Pembuatan Adsorben

Abu kelapa sawit (*fly ash*) yang didapat dari PTPN V dicampurkan dengan NaOH 1,4 N dengan perbandingan 1:4 dalam 1 liter aquades, menggunakan *magnetic stirrer* selama 8 jam, lalu terjadilah proses ekstraksi. Setelah terjadi proses ekstraksi, zat disaring dengan menggunakan pompa vakum selama 1 jam. Setelah padatan dan filtrat terpisah, padatan yang merupakan *fly ash* termodifikasi diambil lalu dicuci dengan aquades sampai pH netral. Setelah itu *fly ash* yang telah dimodifikasi dikeringkan di oven pada suhu 110°C hingga beratnya konstan. Setelah kering, *fly ash* dimasukkan kedalam tempat kedap udara.

Mencari Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum untuk zat warna *rhodamine B* 10, 20, 30 dan 40 ppm pada panjang gelombang 500 – 700 nm dengan menggunakan alat spektrofotometer UV – Vis. Hasil absorbansi maksimum yang diperoleh merupakan panjang gelombang optimum yang digunakan dalam penelitian.

Proses Adsorpsi Zat Warna

Degradasi zat warna ini dilakukan dengan variasi larutan stok (limbah *artificial*) didalam *beaker glass* 1 L. Awalnya, tambahkan adsorben ke dalam larutan stok. Lalu tambahkan HCl dan NaOH untuk variasi pH. Setelah itu atur variasi suhu. Kemudian, campuran direaksikan dengan pengadukan tetap, yaitu 240 rpm. Sampel diambil sebanyak 5 ml melalui pipet volume dalam selang waktu 15 menit selama 1,5 jam. Kemudian sampel tersebut di sentrifuge untuk

memisahkan adsorben dengan larutan. Selanjutnya, larutan tersebut dianalisa kadar zat warna dengan spektrofotometer UV-Vis.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Zat Warna Terjerap (Q_e)

Pengaruh yang terjadi ialah seiring meningkatnya massa adsorben, maka meningkat pula zat warna yang terjerap pada adsorben. Massa adsorben 0,5 gr/L jumlah zat warna yang terjerap yaitu 0,51 mg/g, Massa adsorben 5 gr/L jumlah zat warna yang terjerap yaitu 1,76 mg/g. Pengaruh variasi massa adsorben berbanding lurus dengan efisiensi penyisihan zat warna (*Rhodamine B*) yaitu semakin besar massa adsorben yang digunakan dalam zat warna *Rhodamine B*, semakin besar pula efisiensinya. Dapat disimpulkan bahwa massa adsorben optimum untuk mendegradasi atau mereduksi zat warna limbah tekstil *artfisial Rhodamine Badalah* 5 gr/L dengan jumlah zat warna terjerap yang paling besar yaitu 1,76 mg/g.

Pengaruh pH Terhadap Zat Warna Terjerap (Q_e)

Pengaruh yang terjadi ialah seiring meningkat nilai pH, maka zat warna yang terjerap pada adsorben menurun. Pada kondisi pH 2 jumlah zat warna yang terjerap yaitu 1,81 mg/g Pada kondisi pH 8 jumlah zat warna yang terjerap yaitu 1,64 mg/g. pengaruh variasi pH berbanding terbalik dengan efisiensi penyisihan zat warna (*Rhodamine B*) yaitu semakin kecil pH yang digunakan dalam zat warna *Rhodamine B*, semakin besar efisiensinya. Dapat disimpulkan bahwa pH optimum untuk mendegradasi atau mereduksi zat warna limbah tekstil *artfisial Rhodamine Badalah* pH 2 dengan jumlah zat warna terjerap yang paling besar yaitu 1,81 mg/g.

Pengaruh Suhu Terhadap Zat Warna Terjerap (Q_e)

Pengaruh yang terjadi ialah semakin tinggi suhu maka semakin besar zat warna yang terjerap. Pada kondisi suhu 30°C jumlah zat warna yang terjerap yaitu 1,81 mg/g, Pada kondisi suhu 45°C jumlah zat warna yang terjerap yaitu 1,87 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa proses endotermis terjadi di dalam air (Dawood dan Sen, 2012). Pengaruh variasi suhu berbanding lurus dengan efisiensi penyisihan zat warna (*Rhodamine B*) yaitu semakin besar suhu yang digunakan dalam zat warna *Rhodamine B*, semakin besar efisiensinya. Dapat disimpulkan bahwa suhu optimum untuk mendegradasi atau mereduksi zat warna limbah tekstil *artfisial Rhodamine Badalah* pada suhu 45°C dengan jumlah zat warna terjerap yang paling besar yaitu 1,87 mg/g.

Pengaruh Konsentrasi Zat Warna *Rhodamine B* Terhadap Zat Warna Terjerap (Q_e)

Terjadi peningkatan zat warna terjerap pada setiap variasi konsentrasi zat warna *rhodamine b* terhadap waktu dapat dilihat bahwa semakin rendah konsentrasi zat warna *rhodamine b* maka semakin besar zat warna yang terjerap. Pada konsentrasi 10 ppm jumlah zat warna yang terjerap yaitu 1,87 mg/g, Pada konsentrasi 40 ppm jumlah zat warna yang terjerap yaitu 0,34 mg/g. Pengaruh variasi konsentrasi zat warna *rhodamine b* berbanding terbalik dengan efisiensi penyisihan zat warna (*Rhodamine B*) yaitu semakin besar konsentrasi zat warna *rhodamine b* yang digunakan, semakin kecil efisiensinya. Dapat disimpulkan bahwa suhu optimum untuk mendegradasi atau mereduksi zat warna limbah tekstil *artfisial Rhodamine Badalah* pada konsentrasi 10 ppm dengan jumlah zat warna terjerap yang paling besar yaitu 1,87 mg/g.

Pengujian Model Keseimbangan Adsorpsi

Model kesetimbangan yang diuji adalah model kesetimbangan Langmuir dan Freundlich. Pengujian model kesetimbangan untuk setiap variasi suhu akan diperoleh parameter kesetimbangannya. Parameter kesetimbangan dimasukkan ke dalam masing-masing persamaan model yang akan diuji. Persamaan Langmuir dinyatakan pada persamaan berikut :

$$Q_e = \frac{Q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

Persamaan Freundlich dinyatakan pada persamaan berikut :

$$Q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Untuk menentukan kecocokan model kesetimbangan dapat dilihat dari nilai *Correlation Factor* (R^2) yang diperoleh (Ghahremani *et al.*, 2013). Nilai *Correlation Factor* (R^2) yang mendekati 1 menunjukkan semakin cocoknya dengan model kesetimbangan yang didapatkan (Cui *et al.*, 2014).

Berdasarkan data yang didapat mengindikasikan bahwa penyerapan sesuai dengan metode model kesetimbangan Freundlich karena bisa dilihat nilai *Correlation Factor* (R^2)nya yang paling mendekati nilai 1. Isoterm adsorpsi Freundlich merupakan sistem yang heterogen dengan tingkat-tingkat energi yang berbeda dan tidak ada peristiwa adsorpsi kimia (Kongsri *et al.*, 2012).

Kapasitas Panas Adsorpsi (ΔH)

Kapasitas panas adsorpsi (ΔH) adalah perubahan kandungan panas atau perubahan entalpi suatu sistem yakni jumlah panas yang dibebaskan oleh sejumlah adsorbat terhadap adsorben. Dari persamaan 3, akan diplot dengan harga konstanta Langmuir (K_L) pada variasi suhu sehingga diperoleh grafik hubungan suhu ($1/T$) terhadap $\ln K_L$.

$$K_L = K_0 \exp\left(\frac{-\Delta H}{RT}\right) \quad (3)$$

Dari persamaan 3 tersebut dan hasil plot maka dapat diketahui kapasitas panas adsorpsi (ΔH) yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu sebesar 3,7854 Kcal/mol.K. Oleh karena itu, kita dapat mengetahui bahwa adsorpsi yang terjadi lebih didominasi dengan adsorpsi fisika. Karena panas adsorpsi fisika dibawah 10 Kcal/mol.K. Kapasitas panas adsorpsi yang dihasilkan bernilai negatif, itu artinya proses terjadi secara *exothermic* (Levenspiel, 1999).

Perubahan Entropi Adsorpsi (ΔS)

Dari persamaan 2.7 Didapatkan parameter termodinamika Gibbs yaitu perubahan energi bebas (ΔG), Perubahan entalpi (ΔH), dan perubahan entropi (ΔS). Nilai negatif pada ΔG pada berbagai suhu yaitu menunjukkan sifat spontan dari proses adsorpsi. Nilai positif dari ΔS menunjukkan bahwa ada peningkatan keacakan dalam sistem permukaan padat selama proses adsorpsi terjadi selain itu mencerminkan afinitas *fly ash* untuk zat warna *rhodamine b* dan beberapa perubahan struktural dalam *fly ash* (Ghahremani *et al.*, 2013). Nilai positif pada perubahan entropi adsorpsi juga menunjukkan bahwa reaksi adsorpsi adalah proses spontan (Cui *et al.*, 2014).

4. Kesimpulan

Kondisi optimum dalam proses degradasi zat warna *Rhodamine B* dengan konsentrasi 10 ppm dalam air adalah pada massa *fly ash* 5 gr/L, suhu 45 °C dan pH 2. Mekanisme adsorpsi zat warna *rhodamine B* oleh *fly ash* sawit lebih didominasi oleh model isoterm Freundlich dengan R^2 yang mendekati 1. Adsorpsi penelitian ini termasuk adsorpsi fisika dengan kapasitas panas adsorpsi (ΔH) yang bersifat *exothermic*.

Daftar Pustaka

- Arief, S., Safni., & Roza, P.P. (2007). Degradasi senyawa rhodamine b secara sonolisis dengan penambahan TiO₂ hasil sintesa melalui proses sol-gel. *Jurnal Riset Kimia*, 1(1), 64-70.
- Cui, L., Xu, W., Guo, X., Zhang, Y., Wei, Q., & Du, B. (2014). Synthesis of strontium hydroxyapatite embedding ferroferric oxide nano-composite and its application in Pb²⁺ adsorption. *Journal Of Molecular Liquids*, 197, pp. 40-47.
- Ghaedi, M., Hassanzadeh, A., & NasiriKokh, S. (2011). Multiwalled carbon nanotubes as adsorbents for the kinetic and equilibrium study of the removal of alizarin red and morin. *Journal of Chemical Engineering Data*. 56(5), 2511-2520.
- Ghahremani, D., Iman, M., Esmail, S., Mohsen, E., Sahebali, M., & Leila, K. (2013). Potential of Nano Crystalline Calcium Hydroxyapatite for Tin (II) Removal From Aqueous Solutions : Equilibria & Kinetic Processes. *Arabian Journal of Chemistry*.
- KEP- 51/MENLH/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri
- Kongsri, S., Janpradit, K., Buapa, K., & Suchila, T. (2012). Nanocrystalline hydroxyapatite from fish scale waste : preparation, characterization and application for selenium adsorption in aqueous solution. *Chemical Engineering Journal*, 215-216, pp. 522-532.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical reaction engineering third edition*.
- Mohammad, M., Maitra, S., Ahmad, N., Bustam, A., Sen, T.K., & Dutta, B.K. (2010). Metal Ion Removal From Aqueous Solution Using Physic Seed Hull. *Journal of Hazardous Material*, 179 (1-3), 363-372.
- Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Peraturan Pemerintah RI No. 20 tahun 1990 Tentang Pencemaran Air.
- Saputra, E., Utama, P.S., & Yenti, S.R. (2004). Isolasi Silikat (SiO₂) dari Abu Sabut Sawit Limbah Pada Industri Sawit: Pengaruh Suhu Pirolisis, Jenis dan Konsentrasi Asam. *Prosiding Seminar Nasional Utilitas Sumber Daya Alam Indonesia Inovasi dan Pencapaiannya Dalam Teknologi Proses Kimia*, UI, Jakarta.