

Keseimbangan Adsorpsi Zat Pewarna Rhodamine-B Menggunakan Fly Ash Sawit Sebagai *Low-cost Adsorbent*

Fradilla Olsy¹, Edy Saputra², Zuchra Helwani²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas km 12,5 Pekanbaru 28293
Ossy2508@gmail.com

ABSTRACT

Rhodamine B is one of the various toxic dye that 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. One of the good adsorbent that can be use for adsorbtion process is palm oil fly ash. The purpose of this study to aim the effect of adsorption temperature, pH, and 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 0,1M HCl as an adsorbent. Fly ash modification processes are done by mixing fly ash and HCl in the ratio 1:10 of 0,M HCl solution. The adsorption process is conducted by mixing fly ash 0.5; 1; 1,5 and 2g/L and pH solution of rhodamine b 2; 4; 6; 8 with temperature of 30; 35; 45°C and with various of rhodamine b's initial solution 10, 20, 30 dan 40ppm. The optimum conditions for reducing the levels of rhodamine B in water is the adsorbent mass of 2g/L, temperature of 45°C and pH 8 at 10ppm concentration rhodamnine's solution. Thermodynamic data such as ΔH , ΔG and ΔS were calculated. And the mechanism of rhodamine B dye adsorption by fly ash oil is suit well with Freundlich and Langmuir isotherm models.

Keyword: Adsorption, Isothermal Adsorption, Palm Oil Fly ash, Rhodamine B,

1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya industri di negara Indonesia berperan penting dalam mensejahterakan masyarakat. Akan tetapi, maraknya perkembangan industri juga memiliki berbagai dampak negatif, baik terhadap lingkungan maupun bagi masyarakat sekitar kawasan industri. Salah satunya, yaitu menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan serta menimbulkan kerusakan alam (Setiyanto dkk, 2015).

Salah satu industri yang cukup berkembang di negara Indonesia adalah industri tekstil. Indonesia mengekspor beragam jenis produk tekstil lebih dari dua belas sub sektor pada tingkat 2-digit HS dengan rata-rata ekspor tahunan sebesar USD 10 miliar. Perkembangan ekspor Indonesia sendiri ada dalam *trend*

meningkat walaupun lebih cenderung stabil. Dalam industri tekstil, zat pewarna merupakan salah satu bahan baku utama. Sekitar 10-15% dari zat warna yang sudah digunakan tidak dapat dipakai ulang dan harus dibuang. Zat pewarna dari industri tekstil tersebut merupakan zat pewarna senyawa organik dari jenis *procion*, *erionyl*, *auramine*, maupun *rhodamine* yang diketahui sangat sulit untuk didegradasi secara alami (Dawood dan Sen, 2012).

Biasanya, zat pewarna yang sulit didegradasi secara alami membutuhkan perlakuan awal secara fisika maupun kimia, seperti degradasi, *photochemical degradation*, *electrochemical removal*, *membrane separation*, *photo-fenton processes* dan oksidasi atau ozonisasi. Akan tetapi, untuk negara berkembang

proses diatas cukup mahal untuk diaplikasikan dalam skala pabrik. Oleh karena itu, beberapa penelitian mencoba mengembangkan proses adsorpsi sebagai alternatif dalam pengolahan limbah cair industri tekstil menggunakan adsorben yang lebih ekonomis (Reddy dkk, 2012).

Dalam proses adsorpsi diperlukan adanya adsorben yang berfungsi untuk menyerap adsorbat. Salah satu adsorben yang baik dan mudah didapat serta murah harganya adalah limbah (*fly ash*) sawit atau dikenal dengan *palm oil mill fly ash* (POFA). Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, limbah abu layang sawit diketahui memiliki beberapa kegunaan diantaranya, sebagai adsorben dalam proses pengolahan limbah cair, sebagai *raw material* pada komposit geopolimer, selain itu juga dapat digunakan sebagai material pengisi dalam produksi semen (Falahiyah, 2015).

Menurut Azis dkk (2014), abu merupakan produk sisa yang tidak dapat dimanfaatkan kembali dari pembakaran material lignoselulosa. Pada umumnya, semua abu terbang memiliki komposisi kimia yang sama, tetapi dalam jumlah yang berbeda. POFA diketahui memiliki kandungan yang tinggi dari mineral *alumina*, *calcium*, *potassium* dan *silica* yang dapat dimanfaatkan sebagai senyawa aktif serapan gas-gas polutan dalam proses adsorpsi.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan yaitu *fly ash* sawit yang berasal dari PTPN V dan HCl digunakan untuk aktivasi adsorben. Rhodamine B dari Mercks, dan *fly ash* sawit. Bahan kimia lainnya adalah aquadest, NaOH.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi neraca analitik, gelas piala, gelas ukur, *erlenmeyer*, labu ukur, *spatula*, *oven*, saringan 200mesh, *hot plate*, kertas saring *whatman*, corong, *UV/Vis spectrophotometer*, sarung tangan, masker, *stopwatch*, botol sampel, pH meter, plastik kedap udara, *magnetic stirrer* dan tabung reaksi, desikator.

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

Untuk modifikasi asam dari bubuk *fly ash* sebagai adsorben direaksikan dengan larutan 100ml HCl 0,1M untuk setiap 10gram bubuk *Fly ash* sawit menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 24 jam. Lalu, campuran disaring dan dicuci dengan *aquadest* berulang kali hingga bersih dari zat pengotornya dan pH netral. Padatannya kemudian dikeringkan selama ± 6 jam dengan oven pada suhu 105°C . *Fly ash* yang sudah kering dikeluarkan dari oven dan langsung disimpan didalam desikator untuk nantinya digunakan sebagai adsorben.

Mencari Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum untuk zat warna *rhodamine B* 10, 20, 30 dan 40ppm pada panjang gelombang 500 – 700nm 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*) di dalam *beaker glass* 1L. 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 2ml melalui pipet volume dalam selang waktu 15 menit selama 75menit. Kemudian sampel di sentrifus 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 dengan meningkatnya massa adsorben, maka jumlah zat warna terjerap mengalami penurunan. Massa adsorben 0,5gr/L jumlah zat warna yang terjerap pada saat setimbang yaitu 5,362mg/g, massa adsorben 1gr/L jumlah zat warna yang terjerap yaitu 4,009mg/g, massa adsorben 1,5gr/L jumlah zat warna yang terjerap g yaitu 3,271mg/g, dan massa adsorben 2gr/L jumlah zat warna terjerap yaitu 2,792mg/g. Menurunnya jumlah zat warna terjerap dikarenakan beban per unit adsorben semakin berkurang dengan bertambahnya massa adsorben, sedangkan konsentrasi larutan zat warna yang dijerap konstan, yaitu 10ppm.. Dapat disimpulkan bahwa massa adsorben terbaik untuk mendegradasi atau mereduksi zat warna limbah tekstil *artfisial Rhodamine B* adalah 2gr/L.

Pengaruh pH Terhadap Zat Warna Terjerap (Q_e)

Seiring meningkatnya nilai pH, maka jumlah zat warna yang terjerap pada adsorben juga bertambah. Pada kondisi pH 2 jumlah zat warna yang terjerap pada saat setimbang yaitu 2,866mg/g, sedangkan pada kondisi pH 8 jumlah zat warna yang terjerap pada saat setimbang yaitu 3,510mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi berjalan baik pada kondisi basa. Hal ini disebabkan, zat warna *rhodamine b* merupakan zat warna kation. Sedangkan pada permukaan karbon aktif terdapat gugus yang bermuatan

parsial positif yaitu gugus karboksil, sehingga pada waktu penambahan basa zat warna *rhodamine b* cenderung menjadi bermuatan parsial negatif. Kecendrungan muatan negatif pada larutan limbah artifisial *rhodamine b* inilah yang akan menyebabkan terjadinya interaksi dipol-dipol antara zat pewarna dengan permukaan karbon aktif sehingga adsorpsi akan meningkat (Khan dkk, 2009).

Pengaruh Suhu Terhadap Zat Warna Terjerap (Q_e)

Pengaruh yang terjadi ialah semakin tinggi suhu maka semakin banyak zat warna yang terjerap terjadi peningkatan jumlah zat warna *rhodamine b* yang terjerap pada setiap variasi temperatur terhadap waktu. Pada temperatur $T=30^{\circ}\text{C}$ jumlah zat warna yang terjerap pada saat setimbang adalah 3,179mg/g, sedangkan pada temperatur $T=45^{\circ}\text{C}$ jumlah zat warna yang terjerap yaitu 4,477mg/g. Peningkatan jumlah zat warna terjerap pada setiap kenaikan temperatur disebabkan oleh meningkatnya pergerakan/mobilitas pada molekul zat pewarna. Disamping itu reaktivitas ion yang semakin besar akan meningkatkan pula difusi ion kedalam pori-pori adsorben (Amri dkk, 2004). Pengaruh variasi suhu berbanding lurus dengan efisiensi penyisihan zat warna (*Rhodamine B*) yaitu semakin besar suhu pengadukan, maka semakin besar efisiensinya. Dapat disimpulkan bahwa suhu terbaik untuk mendegradasi atau mereduksi zat warna limbah tekstil artifisial *Rhodamine B* adalah pada suhu $T=45^{\circ}\text{C}$.

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

Terjadi peningkatan jumlah zat warna terjerap pada setiap variasi konsentrasi awal larutan limbah artifisial *rhodamine b* terhadap waktu. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan limbah artifisial *rhodamine b*, maka jumlah zat pewarna terjerap semakin banyak. Pada kosentrasi 10ppm jumlah

zat pewarna yang terjerap pada saat setimbang yaitu 4,491mg/g sedangkan pada konsentrasi 40ppm jumlah zat pewarna yang terjerap pada saat setimbang yaitu 15,245mg/g. jumlah molekul adsorbat yang terjerap juga mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena konsentrasi mula-mula menentukan besarnya *driving force*, semakin besar konsentrasi mula-mula maka semakin besar pula *driving force* untuk menembus lapisan hambatan yang ada antara larutan dan fasa padat saat akan terjadi transfer massa dari molekul zat pewarna (Dawood dan Sen, 2012). Akantetapi, jumlah zat pewarna terjerap berbanding terbalik dengan efisiensinya. Semakin tinggi konsentrasi awal, maka efisiensinya menurun. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi awal yang cocok pada penelitian ini adalah 10ppm.

Pengujian Model Kesetimbangan 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 cocok nya dengan model kesetimbangan yang didapatkan (Cui *et al.*, 2014).

Berdasarkan data yang didapat mengindikasikan bahwa penyerapan sesuai dengan metode kedua model kesetimbangan isoterm langmuir maupun Freundlich karena bisa dilihat nilai *Correlation Factor* (R^2) nya sama-sama mendekati nilai 1. Kemudian juga dihitung besaran persentase nilai ralat untuk kedua model kesetimbangan. Berdasarkan besaran persentase nilai ralat kedua model jika dibandingkan maka, untuk model isoterm Langmuir pada suhu 30, 35, dan 45°C berturut-turut adalah 1,02; 2,231; dan 0,05% dan untuk model isoterm Freundlich berturut-turut 0,501; 1,05; dan 0,022% juga mengindikasikan bahwa proses adsorpsi cocok dengan kedua model kesetimbangan.

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 $\ln K_L$.

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

Dari persamaan 3 tersebut dan hasil plot maka dapat diketahui kapasitas panas adsorpsi (ΔH) yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu sebesar 17,191Kj/mol.K. Oleh karena itu, kita dapat mengetahui bahwa adsorpsi yang terjadi lebih didominasi dengan adsorpsi fisika Karena panas adsorpsi fisika antara - 4 – 40Kj/mol.K. Kapasitas panas adsorpsi yang dihasilkan bernilai positif, artinya proses terjadi secara *endothermic* (dawood dan Sen, 2012).

Perubahan Entropi Adsorpsi (ΔS)

Kapasitas panas adsorpsi (ΔH) adalah perubahan kandungan panas suatu sistem yakni jumlah panas yang dibebaskan oleh sejumlah adsorbat

terhadap adsorben. Nilai ΔH ditentukan dengan memplotkan nilai $\ln K_c$ terhadap nilai $1/T$. Selanjutnya, dari persamaan garis singgungnya dapat ditentukan nilai kapasitas panas adsorpsi dari slope sama dengan nilai $\Delta H/R$ dan nilai intersepnya sebagai $\Delta S/R$ (Dawood dan Sen, 2012). Dari grafik diperoleh nilai $\Delta H = 17,191 \text{Kj/mol.K}$ dan $\Delta S = 3,353 \text{Kj/mol.K}$

4. Kesimpulan

Kondisi terbaik 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 isotherm Freundlich dengan R^2 yang mendekati 1. Adsorpsi penelitian ini termasuk adsorpsi fisika dengan kapasitas panas adsorpsi (ΔH) yang bersifat *exothermic*.

Daftar Pustaka

- Amri, A, Supranto, Fahrurroizi M, 2004. Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-Merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*, 6(2), 111-117.
- Azis, A, Manaf, L, Man, C, dan Kumar, S., 2014, Kinetic Modeling and Isotherm Studies for Copper(II) Adsorption onto Palm Boiler Mill Fly Ash (POFA) as A Natural Low-Cost Adsorbent, *Bioresources Journal*. 9(1), 336-356.
- 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 Pb^{2+} adsorption. *Journal Of Molecular Liquids*, 197, pp. 40-47.
- Dawood, S, dan Sen, T, K., 2012, Removal of Anionic Dye Congo Red From Aqueous Solution by Raw Pine and Acid Treated Pine Cone Powder as Adsorbent: Equilibrium, Thermodynamic, Kinetics Mechanism and Process Design, *Water Research Journal*. 46, 1933-1946.
- Falahiyah, 2015, Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Abu Dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat. Skripsi Sarjana, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- 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*.
- Setiyanto, Riwayati, I, dan Kurniasari, L., 2015, Adsorpsi Pewarna Tekstil Rhodamin B dengan Menggunakan Senyawa Xanthat Pulpa Kopi, *Momentum Journa*. 11(1), 24-28.
- Khan, T, A, Ali, I, Singh, V, V dan Sharma, S, 2009, Utilization of Fly Ash as Low-Cost Adsorbent For the Removal of Methylene Blue, Malachite Green and Rhodamine B Dyes From Textile Wastewater, *Journal of Environmental Protection Science*, (3), 11-22.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical reaction engineering third edition*.
- Reddy, S, Sivaramakrishna, L, dan Reddy, V., 2012, The Use of An Agricultural Waste Material, Jujuba Seeds for the Removal of Anionic Dye (Congo Red) from Aqueous Medium, *Journal of Hazardous Material*. 203-204, 118-127.