



ADSORPSI ZAT WARNA RHODAMIN B DAN CONGO RED DENGAN SILIKA GEL DARI LIMBAH AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum*)

Nur Furozi, Imelda Fajriati, Pedy Artsanti, Didik Krisdiyanto*

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281 Telp. +62-274-540971
Email: didik_kris@yahoo.com*

Abstrak. Telah dilakukan sintesis silika gel dari ampas tebu (*bagasse*) yang berasal dari Pabrik gula madukismo Yogyakarta dan pabrik gula gondang klaten, menggunakan Natrium Hidroksida dan Asam Klorida sebagai pembentukan natrium silikat dan gel dengan metode sol-gel dilanjutkan karakterisasi dengan FT-IR dan GSA (Gas Sorption Analyzer). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektifitas dsorpsi zat warna Rhodamin B dan Congo Red, kinetika adsorpsi dan kesetimbangan isothermis adsorpsi. Hasil adsorpsi FT-IR menunjukkan adanya gugus silanol pada bilangan gelombang $790,91\text{ cm}^{-1}$ dengan $50,1\%$ sebagai silika gel. Hasil adsorpsi GSA (Gas Sorption Analyzer) menghasilkan luas permukaan $43,422\text{ m}^2/\text{g}$, volume pori total $0,151\text{ cc/g}$ dan diameter $15,233\text{ Amstrom}$. Kinetika adsorpsi Rhodamin B berlangsung pada reaksi orde satu dengan nilai $R^2 = 0,971$ dan nilai $K_1 = 0,042$. Kesetimbangan isothermis adsorpsi mengikuti model kesetimbangan Freundlich karena nilai $R^2 = 0,775$ dan cenderung mendekati 1.

Kata kunci: Silika gel, Adsorpsi, Desorpsi

This publication is licensed under a



Pendahuluan

Semakin pesatnya perkembangan industri tekstil diindonesia memberikan sumbangan yang besar bagi perekonomian Negara. Namun di sisi lain hal tersebut dapat menimbulkan masalah yang serius bagi lingkungan terutama masalah pencemaran lingkungan akibat limbah cair yang dihasilkan dari industri tekstil. Limbah cair adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat atau industri, yang mengandung hampir $0,1\%$ benda – benda padat yang terdiri dari zat organik dan bukan organik. Secara fisik air limbah industri tekstil memiliki karakteristik terlihat keruh, berwarna, berbau, panas dan berbusa. Pada industri tekstil biasanya menggunakan zat warna pada proses pewarnaan dan proses pencelupan. Limbah cair yang dihasilkan dari kedua proses tersebut merupakan salah satu sumber pencemaran air. Hal ini berdampak serius jika tidak dilakukan pengolahan limbah dengan baik karena limbah cair dari zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik non biodegradable. Dewasa ini, bahan pewarna yang digunakan di dalam industri tekstil sangat beranekaragam dan biasanya terdiri dari bermacam – macam zat warna. Zat warna yang sering kali memunculkan masalah yang serius diperairan akibat limbah industri tekstil diantaranya;

Zat warna Rhodamin B merupakan zat warna sintetik yang umum digunakan sebagai pewarna tekstil yang dilarang penggunaannya dalam produk-produk pangan. Tetapi sampai sekarang masih banyak produsen yang menggunakan Rhodamin B dalam produk makanan dan minuman yang terhadap ekstrak kembang sepatu. Silika gel yang dihasilkan memiliki distribusi ukuran pori yaitu mikropori dan mesopori dengan fraksi yang dominan adalah pada daerah mesopori. Silika gel yang

dihasilkannya seperti untuk mewarnai terasi, kerupuk, saus tomat, cabe giling dan minuman sirup. Rhodamin B dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan, iritasi kulit, iritasi pada mata, iritasi pada saluran pencernaan, keracunan, dan gangguan hati. Rhodamin B dapat terakumulasi pada tubuh manusia dan bersifat karsinogenik yang dalam jangka panjang menyebabkan penyakit-penyakit seperti kanker dan tumor pada organ tubuh manusia (Arisman, 2009).

Zat warna tekstil Congo Red merupakan bahan kimia yang memiliki potensi bahaya terhadap kesehatan tubuh manusia, diantaranya bila tertelan dapat mengakibatkan rasa mual pada lambung, muntah dan diare. Bahan ini bila terkena mata dan teradsorpsi pada kulit dapat menyebabkan iritasi, mengakibatkan kerusakan sistem pernapasan, menyebabkan kanker serta menyebabkan gangguan reproduksi dan janin (Siska ddk., 2009)

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman yang hanya dapat tumbuh di daerah yang mempunyai iklim tropis. Tanaman ini tumbuh subur di daerah sekitar khatulistiwa yaitu pada daerah sekitar $36\text{ }^{\circ}\text{LU}$ sampai $35\text{ }^{\circ}\text{LS}$, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi sampai ketinggian 1400 m di atas permukaan air laut dan curah hujan tidak kurang 2000 mm per tahun. Di Indonesia, tebu banyak dibudidayakan di Pulau Jawa yang meliputi Semarang, Solo dan Yogyakarta, Pulau Sumatera yang meliputi Medan dan Lampung serta Pulau Kalimantan (Hardi, 2003).

Bagasse atau ampas tebu adalah zat padat dari tebu yang diperoleh sebagai sisa dari pengolahan tebu pada industri pengolahan gula pasir. Bagasse mengandung air $48 - 52\%$, gula $3,3\%$ dan serat $47,7\%$. Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), ampas tebu (*bagasse*) yang

dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu yang digiling. Dari jumlah 32% tersebut, 60%-nya digunakan untuk bahan bakar ketel (boiler), sedangkan selebihnya dijual dan banyak dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan kertas, media pertumbuhan jamur merang dan industri pembuatan papan – papan buatan. Di Indonesia setidaknya ada 64 buah pabrik gula yang saat ini masih beroperasi dengan berbagai kapasitas dan menghasilkan sisa pembakaran bagasse pada boiler (ketel) berupa abu bagasse dalam jumlah yang sangat banyak. Jumlah produksi abu bagasse kira – kira 0,3% dari berat tebu, sehingga bila sebuah pabrik gula memiliki kapasitas 5000 ton perhari maka abu bagasse yang dihasilkan sebesar 15 ton perhari.

Proses sintesis silika gel dari abu bagasse dilakukan dua tahap, yaitu proses pengabuan arang bagasse dan sintesis silika gel. Pengabuan arang bagasse dilakukan pada temperature tinggi agar semua senyawa organik dan karbon terdekomposisi dan teroksidasi sempurna sehingga menimbulkan residu senyawa anorganik berupa abu bagasse, hal ini ditandai terjadinya perubahan warna dari hitam menjadi putih. Abu dengan warna putih menunjukkan adanya kandungan silika yang tinggi. Akan tetapi dalam abu yang dihasilkan masih terdapat kandungan senyawa pengotor selain silika yang dapat mempengaruhi kemurnian silika gel hasil sintesis yang akan mempengaruhi sifat adsorpsi permukaan silika gel tersebut. Untuk menurunkan kandungan senyawa pengotor tersebut maka dilakukan pencucian terhadap abu bagasse yang dihasilkan, pencucian dilakukan pada kondisi asam. Proses sintesis silika gel meliputi lima tahap, yaitu pembentukan Natrium Silikat, pembentukan hidrogel, pencucian, dan pengeringan hidrogel membentuk xerogel.

Bahan dan Metode

Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan adalah ampas tebu dari Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta dan Pabrik Gula Gondang Klaten. Bahan kimia yang digunakan adalah Larutan HCl, NaOH, Zat warna Rhodamin B, Zat warna Congo Red dan aquades.

Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas, hot stirrer plate, kertas saring, kertas saring Whatman 42, cawan porselen, gelas plastik, desikator, timbangan analitik, oven pemanas, furnace, dan kertas pH. Alat-alat instrumen yang digunakan terdiri atas: Spektrofotometer FT-IR PC 8201 yang terdapat di Laboratorium Instrumentasi Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, GSA (NOVA 1200e) dan UV-Vis (Spectronik 20D+) yang terdapat di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Metode Penelitian

Pembuatan Silika Gel dari Ampas Tebu

Ampas tebu (bagasse) dibersihkan dari kotoran padat, kemudian dikeringkan dengan menjemur dibawah sinar matahari. Ampas tebu (bagasse) dipanaskan dengan suhu 150°C

selama 2,5 jam hingga warna berubah menjadi hitam (arang), kemudian diabukan pada suhu 700°C selama 4 jam, didapatkan abu berwarna putih keabu abuan. Abu digerus dengan lumpang dan mortar, diayak dengan ayakan yang mempunyai ukuran 200 mesh.

Sebanyak 60 mL larutan NaOH 1,5 M ditambahkan ke dalam 10 g abu ampas tebu dalam gelas beker, kemudian dididihkan selama 15 menit sambil diaduk. Setelah dingin disaring, dan residu kemudian residu ditambah lagi dengan 60 mL larutan NaOH dan kembali dididihkan setelah dingin, disaring dan filtratnya disatukan dengan filtrat pertama sebagai larutan Na_2SiO_3 dan disimpan dalam botol plastik.

Larutan Na_2SiO_3 yang berasal dari 10 g abu ampas tebu ditambah dengan HCl 6 M bertetes-tetes dalam gelas plastik dan sambil diaduk dengan stirer hingga terbentuk gel berwarna putih pada pH netral (7-8). Gel yang terbentuk dicuci dengan aquades dan disaring dengan kertas saring Whatman 42 kemudian dikeringkan pada suhu 50°C selama 18 jam.

Adsorpsi Rhodamin B dan Congo Red dengan Silika Gel dari Ampas Tebu

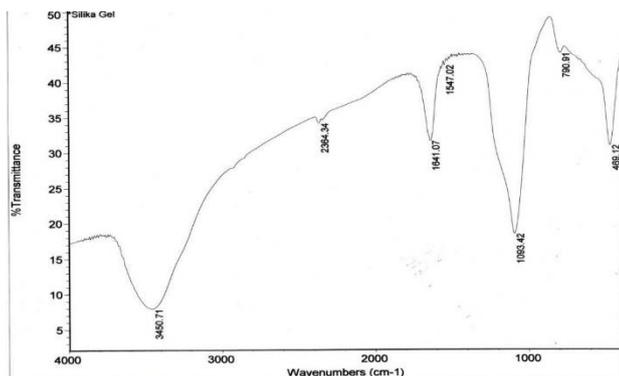
Larutan induk dari zat warna Rhodamin B dan Congo Red diencerkan sehingga memiliki konsentrasi 3 ppm, 6 ppm dan 9 ppm. Masing-masing konsentrasi di ambil 25 ml dan di masukkan dalam sembilan Erlenmeyer 50 ml yang berbeda, dari masing-masing konsentrasi dimasukkan 0,1 gr; 0,2 gr dan 0,3 gr silika gel dalam sembilan Erlenmeyer yang berbeda, kemudian dидiamkan pada water bath pada suhu kamar 29 0C selama 1 jam pada kecepatan 150 rpm. Kemudian larutan tersebut diambil filtratnya dan dianalisis dengan spektroskopi UV-Vis (Spectronic 20D+).

Larutan induk zat warna rhodamin B dan congo red diencerkan sampai konsentrasi 15 ppm, masing masing diambil 25 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml dan masing masing ditambah 0,05 gr silika gel kemudian erlenmeyer itu dидiamkan pada water bath diatur pada suhu kamar 29 0C dan diamati setiap waktu 15; 30; 5; 60; 70 menit dengan kecepatan 150 rpm. Kemudian larutan tersebut diambil filtratnya dan dianalisis dengan spektroskopi UV-Vis (Spectronic 20D+). Masing-masing larutan zat warna rhodamin B dan congo red diambil 25 mL dan dimasukkan dalam erlenmyer 50 mL pada wadah berbeda dengan konsentrasi: 3; 5; 7; 9 dan 11 ppm. Kemudian masing-masing ditambah 0,05 gr silika gel dan Erlenmeyer dидiamkan selama 24 jam. Kemudian larutan tersebut diambil filtratnya dan dianalisis dengan spektroskopi UV-Vis (Spektronik 20D+).

Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Silika Gel dari Ampas Tebu

Hasil karakterisasi silika gel dilakukan dengan FT-IR PC 8201 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektra FT-IR Silika Gel Hasil Sintesis

Hasil interpretasi spektra inframerah silika gel hasil sintesis pada Tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi Spektra FT-IR Silika Gel hasil Sintesis

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
Rentangan - OH (Si-OH)	3450,71
Rentangan gugus - Si - H	2364,34
Bengkokan -OH (Si-OH)	1641,07
Uluran Asimetri C= O	1547,02
Rentangan Asimetri Si-O (Si-O-Si)	1093,42
Rentangan Asimetri Si-O (Si-O-Si)	790,91
Bengkokkan Si-O-Si	469,12

Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita lebar pada daerah 3450,71 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan vibrasi rentangan gugus -OH dari SiOH silika gel (Hardjono Sastrohamidjojo,1990). Pernyataan tersebut dipertegas oleh Silverstein (1991) muncul pada bilangan gelombang 3448,5 cm⁻¹ yang mengindikasikan adanya vibrasi rentangan -OH dari Si-OH silika gel. Fitriani (2008) menyatakan pada bilangan gelombang 3462,50 cm⁻¹ yang mengindikasikan adanya vibrasi rentangan OH dari Si-OH silika gel.

Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita serapan pada daerah 2364.34 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan vibrasi rentangan gugus -Si-H silika gel Hardjo Sastrohamidjojo (1990). Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita serapan pada daerah 1641.07 cm⁻¹ (Hardjo Sastrohamidjojo (1992). Hal ini menunjukkan vibrasi bengkokan gugus OH dari Si-OH silika gel. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Silverstein (1991) dan Fitriani (2008) pada bilangan gelombang 1637,5 cm⁻¹ mengindikasikan adanya vibrasi bengkokan OH dari Si-OH silika gel.

Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat bahwa serapan karakteristik silika gel muncul di daerah 1093.42 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan vibrasi rentangan asimetri internal Si-O dari Si-O-Si silika gel. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Silverstein (1991) serapan lebar dan tajam pada 1101,3 silika gel cm⁻¹

mengindikasikan vibrasi rentangan asimetri Si-O dari Si-O-Si silika gel. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Fitriani (2008) pada bilangan gelombang 1103,20 mengindikasikan vibrasi rentangan asimetri Si-O-Si silika gel. Pita serupa yang karakteristik Si-O silika gel juga muncul pada bilangan gelombang 790.91 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan vibrasi rentangan asimetri Si-O dari Si-O-Si silika gel. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Silverstein (1991) serapan tajam pada 800,4 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi rentangan simetri eksternal Si-O dari Si-O-Si silika gel. Fitriani (2008) mempertegas pada serapan gelombang 795,24 cm⁻¹ menunjukkan rentangan asimetri Si-O-Si silika gel.

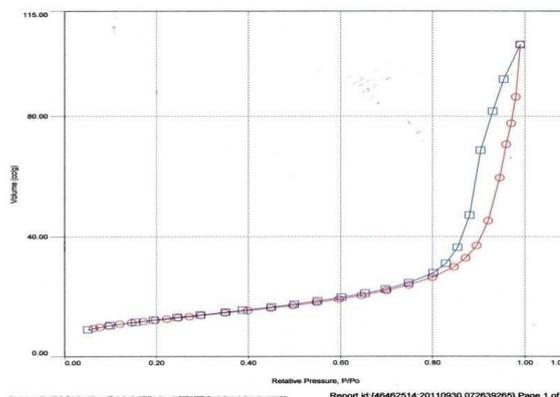
Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita serapan yang cukup tajam pada daerah 469.12 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan sebagai karakter vibrasi bengkokan Si-O-Si silika gel. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Hamdan (1992) serapan yang cukup tajam pada daerah 472,5 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi tekuk Si-O dari Si-O-Si silika gel dan pita pada daerah 472,91 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi bengkokkan dari Si-O-Si (Brinker dan Shcherer,1990). Pada serapan gelombang 466,29 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi bengkokan Si-O-Si (Fitriani, 2008).

Kemudian dari hasil analisis GSA didapatkan nilai luas permukaan, volume pori dan diameter pori yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Silika Gel Hasil Sintesis Dengan GSA

Luas Permukaan Spesifik (m ² /g)	Volume Pori Total (cc/g)	Diameter Pori (Å)
43,422	0,151	15,233

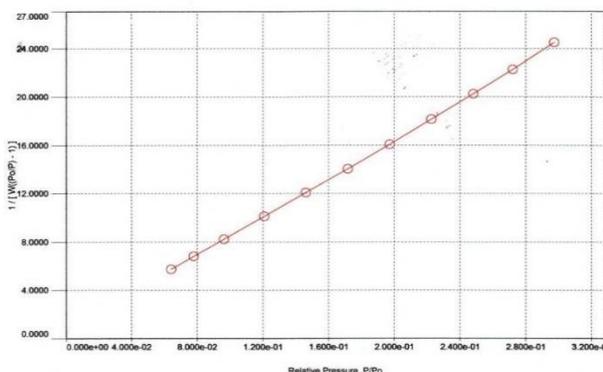
Pada Tabel 2. didapatkan nilai luas permukaan spesifik sebesar 43,442 m²/g, nilai volum pori total yang terbentuk sebesar 0,151 cc/g, serta nilai diameter pori sebesar 15,233 Å. Menurut IUPAC, silika gel hasil sintesis termasuk dalam klasifikasi material mikropori (diameter pori kurang dari 2 nm atau 20Å). Adsorpsi isothermal untuk silika gel hasil ditampilkan Gambar 2.



Gambar 2. Isoterm BET Untuk Silika Gel Hasil Sintesis

Adsorpsi isothermal untuk abu bagasse ditampilkan Gambar 8. Adsorpsi isothermal merupakan hubungan antara jumlah molekul, volume dan massa gas yang teradsorpsi dengan tekanan

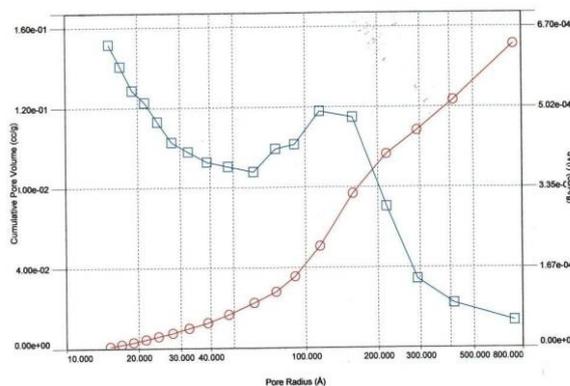
yang terukur pada temperatur tertentu. Dari Gambar. 8 dapat diketahui bahwa struktur ukuran pori abu bagasse hasil pengabuan bersifat pori tertutup didasarkan pada komparasi dengan adsorpsi isothermal IUPAC sesuai dengan Tipe III yang tersaji dari Gambar. 6 Klasifikasi adsorpsi isothermal. Tipe III ini merupakan grafik garis cembung. Adsorpsi ini merupakan karakteristik dari interaksi adsorbat dan adsorben yang lemah dan biasanya digunakan untuk jenis adsorben tak berpori atau pori tertutup dan makropori. Interaksi yang lemah antara adsorbat dan adsorben membuat naiknya kurva sedikit untuk tekanan relatif yang rendah. Tetapi ketika molekul mulai diadsorpsi pada sisi adsorpsi utama interaksi adsorbat-adsorbat semakin kuat yang kemudian mendorong proses adsorpsi, mempercepat kurva yang naik pada tekanan relatif yang lebih tinggi. Distribusi isotherm BET bertujuan untuk menentukan luas permukaan spesifik abu bagasse dan hasil distribusi isotherm BET silika gel ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Isoterm BET Untuk Silika Gel Hasil Sintesis

Isoterm BET merupakan metode umum untuk menentukan luas permukaan spesifik adsorben, data isoterm BET abu bagasse ditampilkan Gambar 2. Hasil perhitungan menunjukkan nilai luas permukaan spesifik abu bagasse sebesar 43,422 m²/g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai luas permukaan spesifik dari abu bagasse relatif besar.

Luas permukaan spesifik pori merupakan suatu parameter yang penting dalam menentukan kualitas dari abu bagasse sebagai bahan adsorben. Hal ini disebabkan karena luas permukaan pori merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Semakin besar luas area permukaan pori adsorben maka daya adsorpsinya juga semakin besar (Sontheimer JE, 1985). Distribusi ukuran pori juga merupakan parameter penting di dalam kajian karakterisasi abu bagasse. Distribusi ukuran pori bertujuan untuk menentukan sebaran ukuran pori dari abu bagasse dan hasil distribusi ukuran pori silika gel sintesis ditunjukkan pada Gambar 4.

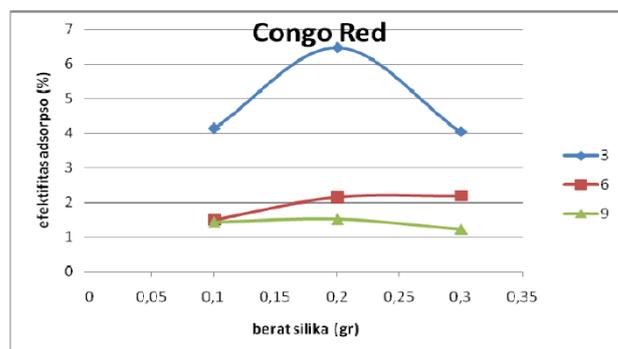


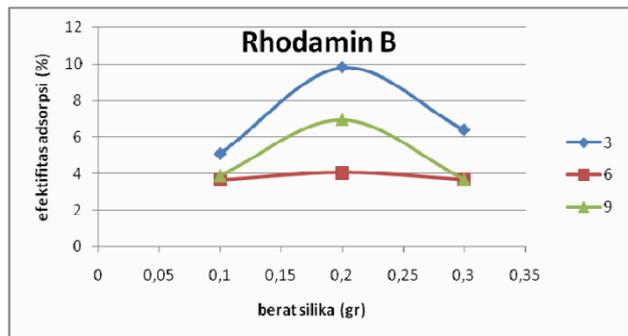
Gambar 4. Distribusi Ukuran Pori Silika Gel Hasil Sintesis

Dari Gambar 4 untuk distribusi ukuran pori silika gel hasil sintesis dapat diamati bahwa sebagian besar angka berada pada skala mesopori yang rendah. Dari Gambar 3 diperoleh ukuran pori dari silika gel hasil sintesis berada dalam keadaan terpusat yang ditandai dengan adanya puncak-puncak tajam di satu daerah yang menandakan ukuran pori homogen pada daerah mesopori. Dari Gambar 3 juga dapat diketahui bahwa Silika gel hasil sintesis mempunyai sebaran ukuran pori yang cukup homogen karena terdapat pori pada skala yang runut yaitu pada daerah mikropori, mesopori ataupun makropori walaupun terpusat pada daerah mesopori.

Adsorpsi zat warna Rhodamin B dan Congo Red

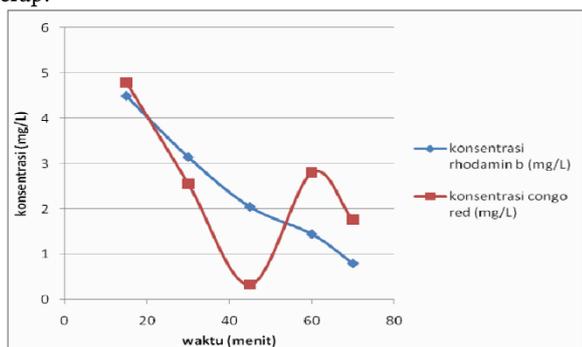
Hasil percobaan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal zat warna Rhodamin B dan Congo Red terhadap efektivitas adsorpsi silika gel adsorben ditunjukkan pada Gambar 5. Pada gambar 5 bahwa pada konsentrasi 3 dan 9 ppm menunjukkan kenaikan dan penurunan, hal ini disebabkan silika gel dalam menyerap zat warna Rhodamin B sudah jenuh. Pada konsentrasi 6 ppm silika gel masih mampu untuk menyerap zat warna Rhodamin B, sehingga konsentrasi 6 ppm zat warna Rhodamin B lebih efektif. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi zat Rhodamin B akan meningkatkan beban proses adsorpsi, sehingga dapat menurunkan proses adsorpsi. Pada konsentrasi 3 ppm zat warna Congo Red menunjukkan kenaikan dan penurunan, hal ini disebabkan silika gel dalam menyerap zat warna Congo Red sudah jenuh. Pada konsentrasi 6 ppm menunjukkan silika gel masih mampu untuk menyerap zat warna Congo Red dan konsentrasi 9 ppm mengalami penurunan dalam menyerap.





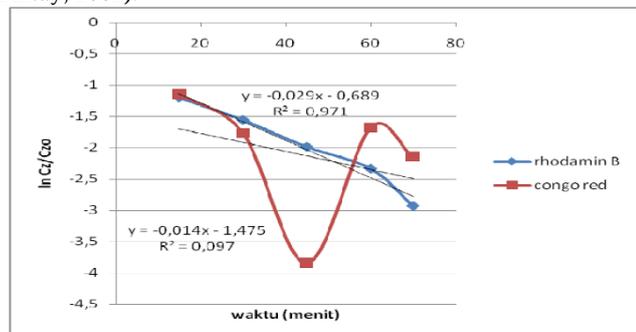
Gambar 5. Grafik hubungan antara efektivitas adsorpsi dengan berat zat warna Rhodamin B dan Congo Red

Berdasarkan gambar 5 dapat terlihat bahwa terjadi kecenderungan nilai adsorpsi efektif yang lebih tinggi pada konsentrasi 6 ppm zat warna Rhodamin B dan Congo Red awal untuk jumlah silika gel (adsorben) yang bertambah. Dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah silika gel (adsorben) adsorpsi juga semakin efektif ini terlihat pada konsentrasi awal larutan 6 ppm dan semakin besar konsentrasi awal zat warna Rhodamin B dan Congo Red terhadap jumlah silika gel maka daya jerapnya kurang efektif. Hal ini disebabkan bertambahnya jumlah adsorben juga akan menambah luas permukaan adsorben sehingga warna Rhodamin B dan Congo Red lebih banyak yang terjerap.



Gambar 6. Grafik Hubungan Konsentrasi dengan waktu

Kinetika menggambarkan laju penyerapan solut yang selanjutnya akan mengontrol waktu penyerapan adsorbat (silika gel) pada interface antara padatan dan larutan. Penentuan kinetika adsorpsi memiliki persamaan yang penting dalam menentukan laju penyerapan zat warna Rhodamin B dan Congo Red dari larutan untuk mendesain proses adsorpsi (Sag dan Aktay, 2002).

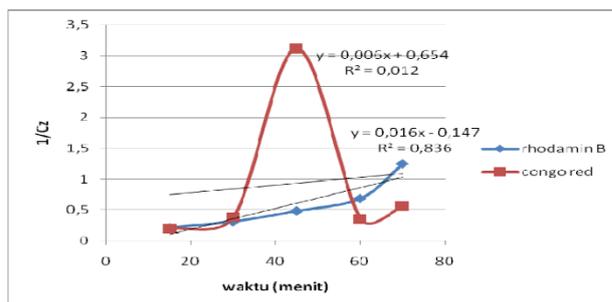


Gambar 7. Grafik hubungan t dengan ln C_t/C₀

Dari hasil percobaan adsorpsi zat warna Rhodamin B dan Congo Red dengan menggunakan silika gel dari ampas tebu (bagasse) diperoleh hubungan antara konsentrasi dengan waktu seperti terlihat pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat penurunan konsentrasi zat warna Rhodamin B. Hal ini karena kemampuan menjerap silika gel terhadap zat warna Rhodamin B belum menunjukkan titik jenuh dan pada waktu 70 menit masih menunjukkan penurunan dengan kata lain silika gel masih dapat menjerap zat warna Rhodamin B. Sedangkan pada konsentrasi zat warna Congo Red menunjukkan penurunan dan kenaikan dalam penyerapan. Hal ini karena kemampuan menjerap silika gel terhadap zat warna Congo Red sudah mencapai kejenuhan pada waktu 60 menit.

Untuk menganalisis data kinetika dapat digunakan metode integral, metode ini dapat mengetahui persamaan kecepatan reaksi adsorpsi zat warna Rhodamin B dan Congo Red, diawali dengan cara memilih bentuk persamaan kecepatan tertentu untuk diuji dengan cara integral dan membandingkan grafik hubungan C terhadap waktu dari penelitian. Berdasar hasil penelitian pada Gambar 13 terlebih dahulu digunakan untuk menentukan orde reaksi, dicoba reaksi orde satu maka dibuat grafik hubungan waktu dengan ln C_t/C₀ dan reaksi orde dua dibuat grafik hubungan waktu dengan 1/C_t.



Gambar 8. Grafik hubungan t dengan 1/C_t

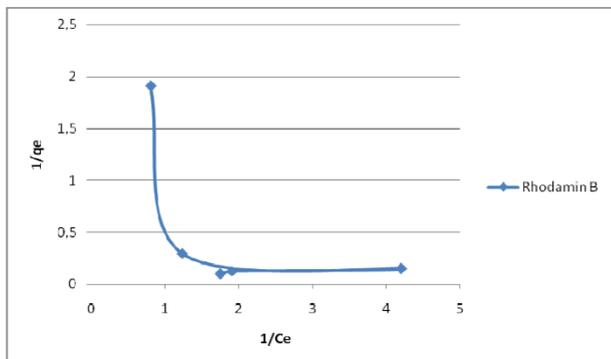
Dari hasil gambar 8 dan Gambar 9 maka didapat nilai R² dan nilai K dari gradien garis lurus pada gambar diatas sehingga dapat dibuat tabel untuk membandingkan apakah orde satu atau orde dua.

Tabel 4. Nilai K dan R² kinetika adsorpsi zat warna Rhodamin B dan Congo Red

Sampel	Orde satu		Orde dua	
	K ₁	R ²	K ₂	R ²
Rhodamin B	0,042	0,971	0,108	0,836
Congo Red	0,009	0,097	0,009	0,012

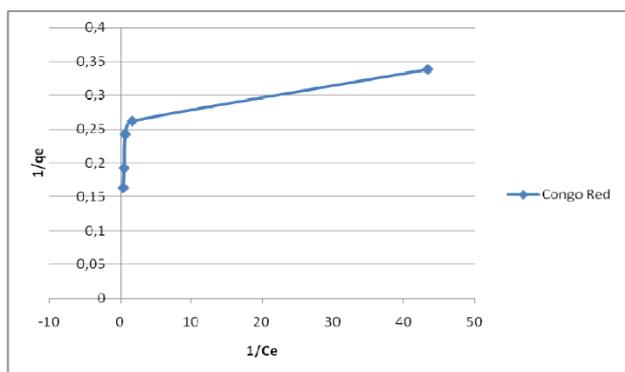
Berdasarkan dari Gambar 8 grafik hubungan waktu dengan ln C_t/C₀ diperoleh garis yang memiliki nilai R² = 0,971 untuk Rhodamin B dan zat warna Congo Red memiliki nilai R² = 0,097. Bila dibandingkan dari dari grafik hubungan waktu dengan ln C_t/C₀, maka nilai R² Rhodamin B mendekati 1 sehingga menunjukkan reaksi orde satu. Berdasarkan dari

gambar 9 grafik hubungan waktu dengan $1/C_z$ diperoleh grafik yang linear dengan nilai $R^2 = 0,836$ untuk zat warna Rhodamin B sedangkan zat warna Congo Red memiliki nilai $R^2 = 0,012$. Jadi dapat disimpulkan bahwa reaksi zat warna Rhodamin B menunjukkan reaksi orde satu.



Gambar 8. Grafik Hubungan $1/q_e$ dengan $1/C_e$

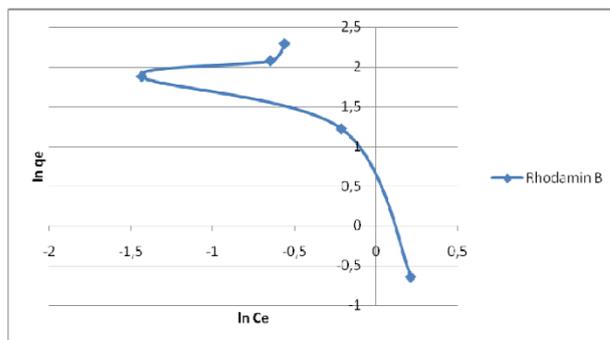
Zat warna Rhodamin B lebih mudah diadsorpsi oleh silika gel (biosorben) daripada Congo Red, dari Gambar 13 dan Gambar 14 terlihat bahwa silika gel mengadsorpsi zat warna Rhodamin B lebih banyak. Hal ini dikarenakan Congo Red memiliki struktur molekul yang lebih kompleks daripada Rhodamin B. Dengan struktur molekul tersebut menyebabkan gaya tarik molekul antara pelarut air dengan Congo Red lebih besar dibandingkan antara Rhodamin B dengan air. Hal ini menyebabkan Rhodamin B lebih mudah teradsorpsi oleh silika gel (biosorben) dibandingkan dengan Congo Red, karena gaya tarik molekul dengan biosorben lebih kuat daripada gaya tarik antara molekul Rhodamin B dengan air. Disamping itu juga Rhodamin B mempunyai gugus fungsional yang bersifat asam yaitu (-COOH) dan $(N(C_2H_5)_2)$. Adanya gugus-gugus ini akan menyebabkan kemungkinan terjadinya suatu adsorpsi kimia di lignin. Sedangkan interaksi kimia antara gugus SO_2 , dalam Congo Red di lignin lebih lemah dibandingkan dengan interaksi kimia antara gugus (-COOH) dan $(N(C_2H_5)_2)$ dalam Rhodamin B di lignin (Namasivayan dkk, 1996).



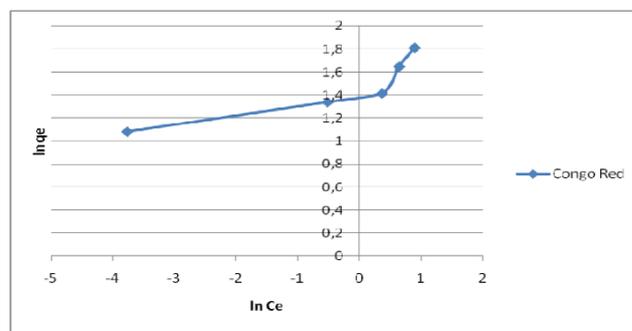
Gambar 9. Grafik Hubungan $1/q_e$ dengan $1/C_e$

Isoterm adsorpsi merupakan hubungan kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat dalam larutan dengan konsentrasi adsorbat dalam partikel pada adsorben. Berikut di bawah merupakan kurva isoterm Langmuir. Isoterm Freundlich ini menggambarkan bahwa adsorpsi yang terjadi pada beberapa

lapis dan ikatannya tidak kuat. Isoterm ini, mengasumsikan adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda. Berikut di bawah merupakan grafik isoterm Langmuir dan Freundlich dan tabel nilai R^2 dan K isoterm Langmuir dan Freundlich.



Gambar 10. Grafik Hubungan $\ln q_e$ dengan $\ln C_e$



Gambar 11. Grafik Hubungan $\ln q_e$ dengan $\ln C_e$

Tabel 5. Nilai Langmuir dan Freundlich adsorpsi

Sampel	Langmuir		Freundlich	
	R^2		R^2	
Rhodamin B	R^2	0,273	R^2	0,528
	K_1	0,2744	K_2	0,7037
Congo Red	R^2	0,684	R^2	0,775
	K_1	0,0094	K_2	7,7519

Berdasarkan pola isoterm Langmuir dan Freundlich di atas, maka pola isoterm dari adsorpsi zat warna oleh adsorben silika gel diduga mengikuti pola isoterm Freundlich. Hal ini ditunjukkan oleh tingkat kelinieritasan dari masing-masing persamaan yang diperoleh. Hasil dari isoterm Langmuir diperoleh nilai R^2 sebesar 0,684 untuk zat warna Congo Red, sedangkan pada isoterm Freundlich nilai R^2 sebesar 0,775. Akan tetapi, pada dasarnya dalam proses adsorpsi, interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat terjadi melalui pembentukan ikatan fisika terlebih dahulu, kemudian diikuti interaksi pembentukan ikatan secara kimia.

Pola isoterm Langmuir didasarkan atas asumsi yakni laju adsorpsi akan tergantung pada faktor ukuran dan struktur molekul adsorbat, situs pada permukaan yang homogen dan

adsorpsi terjadi monolayer. Bagian yang terpenting dalam proses adsorpsi yaitu situs yang memiliki oleh adsorben pada permukaan, akan tetapi jumlah situs-situs ini akan berkurang jika permukaan yang tertutup semakin bertambah (Rohmawati,2008). Adsorpsi Langmuir merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya ikatan kimia yang terjadi antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Model ikatan kimia ini, memberikan kontribusi antara molekul adsorben dengan energi adsorpsi terdistribusi secara homogen dengan membentuk lapisan monolayer di atas permukaan adsorben (Widiastuti dan Intan,2009).

Pola isotherm Freundlich mengasumsikan bahwa proses adsorpsi terjadi secara fisika. Adsorpsi secara fisika terjadi jika gaya intermolekular lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya ini disebut gaya Van der Waals, dimana adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben.

Jenis adsorpsi secara fisika ini berlangsung sangat cepat dan reaksinya reversibel. Hal ini terjadi akibat energi yang dibutuhkan relatif rendah. Sehingga gaya yang terjadi pada adsorpsi secara fisika ini termasuk lemah. Jika ditinjau dari energi aktivasinya maka, adsorpsi secara fisika ini terjadi jika energi aktivasinya tidak lebih dari 1 kkal/gram-mol. Panas adsorpsi yang dilepaskan pada adsorpsi secara fisika ini lebih rendah jika dibandingkan dengan panas adsorpsi secara kimia yaitu sekitar 5-10 kkal/gram-mol (Widiastuti dan Intan, 2009).

Dari data tersebut maka dapat diketahui bahwa isoterml Freundlich adalah model yang sesuai untuk adsorpsi zat warna Congo Red terhadap silika gel karena ditinjau dari nilai R^2 dan nilai K, maka dapat dilihat bahwa nilai R^2 pada isoterml Freundlich lebih mendekati 1 meskipun hanya 0,775 daripada isoterml Langmuir dengan R^2 adalah 0,684 sehingga isoterml Freundlich yang sesuai untuk peristiwa adsorpsi ini.

Kesimpulan

Dari hasil karakterisasi dengan spektroskopi infra red menunjukkan bahwa silika gel memiliki gugus silanol dan siloksan. Luas permukaan, volum pori, dan diameter pori material hasil sintesis berturut-turut adalah 43,422 m²/g, 0,151 cc/g dan 15,233 Å. Silika gel yang dihasilkan memiliki distribusi ukuran pori dominan mesopori. Dari konsentrasi awal dan berat adsorben silika gel terhadap efektifitas adsorpsi zat warna Rhodamin B dan Congo Red dapat dipengaruhi dari berat silika gel Rhodamin B dan Congo Red sehingga Rhodamin B lebih mudah diadsorp (dijerap) oleh silika gel (biosorben) daripada Congo Red. Dengan struktur molekul zat warna Rhodamin B dan Congo Red menyebabkan gaya tarik molekul antara pelarut air dengan Congo Red lebih besar dibandingkan antara Rhodamin B dengan air. Hasil dari konsentrasi penentuan kinetika adalah orde satu pada Rhodamin B dengan nilai $R^2 = 0,971$ dan nilai $K_1 = 0,042$. Kesetimbangan adsorpsi yang sesuai dengan penelitian ini ialah model kesetimbangan Freundlich dengan harga $R^2 = 0,775$ dan $K_2 = 7,7519$ sehingga cenderung mendekati 1.

Daftar Pustaka

- Fitriani. M.S., 2008. Pengaruh Temperatur Pengabuan Pada Sintesis Silika gel dari Abu Bagasse. Skripsi. Yogyakarta: Jurusan Kimia. FMIPA. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hardi Santosa. 2003. "Perbaikan tanah Ekspansif dengan menggunakan Quicklime Dan Abu Ampas Tebu". Skripsi. Surabaya: FT. Universitas Kristen Petro
- Namasivayan, C., Muniasamy, N., Gayatri, K., Rani,M., Ranganathan,K., (1996), "Removal of Dyes from Aqueous Solutions by Cellulosic Waste Orange Peel", *Bioresource Technology*, 57, hal 37-43.
- Rohmawati, Lilik. 2008. Studi Kinetika Adsorpsi Merkuri (II) pada Biomassa Daun Eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*)
- Sag, Y., Aktay, Y., 2002. Kinetics Studies on Sorption of Cr(VI) and Cu(II) ions by Chitin, Chitosan, and Rhizopus arrhizus. *Biochemical Engineering Journal*, 12, hal 143-153.
- Siska Ela Kartika, Atik Pujirahayu, Heri Widodo., 2009. Modifikasi Limbah Fly Ash sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Congo Red yang Ramah Lingkungan dalam Upaya Mengatasi Pencemaran Industri Batik. Skripsi. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Silverstein, R. M., 1991. *Spectrometric Identification of Organic Compound*. New York: John Wiley & Sons, Inc
- Sontheimer JE, 1985, *Activated Carbon for Water Treatment* Netherlands, Elsevair, pp. 51-105.
- Widiastuti, Nurul., Intan Permata Sari. 2009. Adsorpsi Methylen Blue dengan Abu dasar PT. IPMOMI Probolinggo Jawa Timur Dan Zeolit berkarbon.