



KINETIKA ADSORPSI SENYAWA PARAQUAT PADA PESTISIDA DENGAN SILIKA GEL DARI LIMBAH AMPAS TEBU (*Saccharum Officinarum*)

Daryono, Khamidinal, Imelda Fajriati, 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 abu ampas tebu yang berasal dari Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta menggunakan natrium hidroksida dan larutan pembentuk gel asam klorida. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas adsorpsi silika gel bila digunakan sebagai adsorben senyawa paraquat, pengaruh konsentrasi awal, pengaruh berat silika, pengaruh suhu dan model kesetimbangan adsorpsi. Selain itu juga untuk mengetahui karakteristik silika gel hasil sintesis dari limbah ampas tebu. Karakterisasi silika gel dilakukan dengan fourier transform infra red, dan gas sorption analyzer. Penelitian dilakukan secara batch. Variabel yang diteliti adalah konsentrasi awal limbah, dan berat silika. Analisis dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan menggunakan Sodium dithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi paraquat berlangsung pada reaksi orde dua. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa reaksi dapat diwakili dengan model persamaan kesetimbangan adsorpsi Langmuir. Dari hasil Fourier Transform Infra Red juga menunjukkan bahwa silika gel memiliki gugus silanol dan siloksan. Luas permukaan, volum pori, dan diameter pori material hasil sintesis adalah $43,442 \text{ m}^2/\text{g}$; $0,151 \text{ cc/g}$ dan $15,233 \text{ \AA}$. Silika gel yang dihasilkan memiliki distribusi ukuran pori yaitu mikropori, mesopori, dan makropori dengan fraksi yang dominan adalah pada daerah mesopori.

Kata kunci: *Silica gel, paraquat, adsorpsi*

This publication is licensed under a



Pendahuluan

Kemajuan teknologi di bidang pertanian telah membuka peluang yang sangat luas bagi penggunaan pestisida. Akan tetapi penggunaan pestisida yang mengandung bahan aktif tertentu secara terus menerus dan tidak memperhatikan petunjuk serta saran penggunaannya dapat mengancam keselamatan lingkungan karena keberadaan residu dari bahan aktif pestisida yang tertinggal di dalam tanah dan di dalam air dapat berpotensi menimbulkan masalah lingkungan yang serius.

Bahan aktif pestisida yang tertinggal di dalam tanah salah satu contohnya adalah paraquat diklorida. Paraquat diklorida atau lebih dikenal dengan paraquat adalah bahan aktif secara agrokimia yang dapat larut dalam air dan praktis tidak larut dalam kebanyakan pelarut organik lainnya. Paraquat diklorida yang mempunyai rumus molekul $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Cl}_2$ atau nama kimianya (1,1'-dimetil-4,4'-bipyridium ion) diklorida anion ini telah banyak digunakan di berbagai daerah pertanian. Misalnya, dalam pertanian lahan tadah hujan. Dalam hal ini bisa menyebabkan gangguan terhadap organisme tanah. Paraquat diklorida telah digunakan dengan meluas sebagai racun rumpai dan bahan sisanya dalam persekitaran boleh mendatangkan resiko terhadap kesehatan. Bahan pencemar ini biasanya tidak terbiodegradasi, toksik dan stabil dalam sekitaran (Mehdi et al., 2009)

Penanganan paraquat diklorida dalam air limbah pestisida dapat dilakukan salah satunya melalui metode penghilangan (*removal*) antara lain adsorpsi. Adsorpsi paraquat dapat

menggunakan batu bara (*activated charcoal*), arang aktif (*activated carbon*), kalsium karbonat dan silika gel. Penghilangan paraquat dengan silika gel belum banyak dilakukan untuk kadar yang rendah.

Peristiwa adsorpsi merupakan suatu fenomena permukaan, yaitu terjadinya penambahan konsentrasi komponen tertentu pada permukaan antara dua fase. Adsorpsi dapat dibedakan menjadi adsorpsi fisis (*physical adsorption*) dan adsorpsi kimia (*chemical adsorption*). Secara umum adsorpsi fisis mempunyai gaya intermolekular yang relatif lemah, sedangkan pada adsorpsi kimia terjadi pembentukan ikatan kimia antara molekul adsorbat dengan molekul yang terikat pada permukaan adsorben (Akbar, 2008, Alba, M.D., and Klinowski, J., 1996, Deni, et al., 2009)

Disisi lain wilayah pertanian Indonesia yang luas merupakan sumber daya alam yang sangat melimpah dan belum semua potensi pertanian yang ada dapat dimanfaatkan secara maksimal. Seperti pemanfaatan limbah tebu untuk dapat diambil silikanya yaitu pada industri gula di Indonesia dan bisa digunakan sebagai adsorben limbah pestisida pada pertanian (Affandy et al 2009, Fatimah., 2007, Rahmah., 2009, Suharsih., 2007).

Industri gula di Indonesia pada umumnya menggunakan tebu sebagai bahan bakunya. 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°LU sampai 35°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 (Onggo, et al., 1998).

Pada proses pengolahan tebu menjadi gula akan menghasilkan ampas tebu (*bagasse*) sekitar 30%. Komponen penyusun *bagasse* terdiri atas air (44,5%), sabut (52,0%) dan brix (zat padat atau gula yang dapat larut) (3,5%). Sabut penyusun *bagasse* tersebut mengandung 45% selulosa, 32% pentosa, 18% lignin dan 5% komponen penyusun yang lain, (Rahmah., 2009).

Bahan dan Metode

Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan adalah ampas tebu dari Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta. Bahan kimia yang digunakan adalah Larutan HCl, NaOH, Paraquat diklorida (PDC) akuades dan Sodium dithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

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, botol plastik, desikator, timbangan analitik, oven pemanas, *furnance*, termometer, *water batch*, ayakan 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 Spektrofotometri UV-Vis yang terdapat di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Metode Penelitian

Pembuatan Silica Gel dari Ampas tebu

Ampas tebu dibersihkan dari pengotor, lalu dikeringkan dengan menjemur pada panas matahari. Ampas tebu dipanaskan dengan suhu 150°C selama 2,5 jam hingga warna berubah menjadi hitam, kemudian diabukan pada suhu 700°C selama 4 jam, didapatkan abu berwarna putih keabuan. Abu digerus dengan lumpang dan mortar, diayak dengan ayakan yang mempunyai ukuran 200 mesh.

Enam puluh mililiter larutan NaOH 1,5 M ditambahkan ke dalam abu ampas tebu, kemudian dididihkan selama 15 menit sambil diaduk. Setelah dingin disaring, dan 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, sambil diaduk hingga terbentuk gel berwarna putih pada pH 7. Gel yang terbentuk dicuci aquades, disaring dengan kertas saring *Whatman 42* kemudian dikeringkan pada suhu 50°C selama 18 jam.

Adsorpsi Paraquat dengan Silica Gel dari Ampas Tebu

Pengaruh konsentrasi awal limbah pestisida terhadap efektifitas adsorpsi silika gel untuk menurunkan kadar PDC dipelajari dengan langkah sebagai berikut: Limbah pestisida simulasi dari larutan induk di encerkan sehingga memiliki konsentrasi 7; 10 dan 13 ppm. Masing-masing konsentrasi di ambil 45 ml dan di masukkan kedalam Erlenmeyer 50 ml, dari masing-masing konsentrasi di masukkan 0,2 gr; 0,3 gr dan 0,4 gr silika gel pada erlenmeyer yang berbeda pada satu konsentrasi yang sama kemudian erlenmeyer itu didiamkan pada water bath diatur pada suhu kamar 29°C selama 1 jam pada kecepatan 150 rpm. Kemudian larutan tersebut diambil filtratnya dan dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis.

Kinetika adsorpsi paraquat pada silika gel dipelajari dengan langkah sebagai berikut: Limbah pestisida simulasi dari larutan induk diencerkan sehingga memiliki konsentrasi 15 ppm.. masing-masing diambil 45 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml dan masing-masing di tambah 0,2 gr silika gel kemudian erlenmeyer itu didiamkan pada water bath diatur pada suhu kamar 29°C dan diamati setiap waktu 5; 15; 25; 35; 45 menit. Pada kecepatan 150 rpm. Kemudian larutan tersebut diambil filtratnya dan dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis.

Untuk penentuan tetapan-tetapan kesetimbangan dilakukan dengan langkah sebagai berikut: Masing-masing larutan PDC dengan konsentrasi 4; 6; 8; 10 dan 12 ppm diambil 45 ml dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 50 ml pada wadah berbeda. Kemudian masing-masing ditambah 0,2 gr silika gel lalu erlenmeyer itu didiamkan selama 24 jam. Kemudian larutan tersebut diambil filtratnya dan dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis.

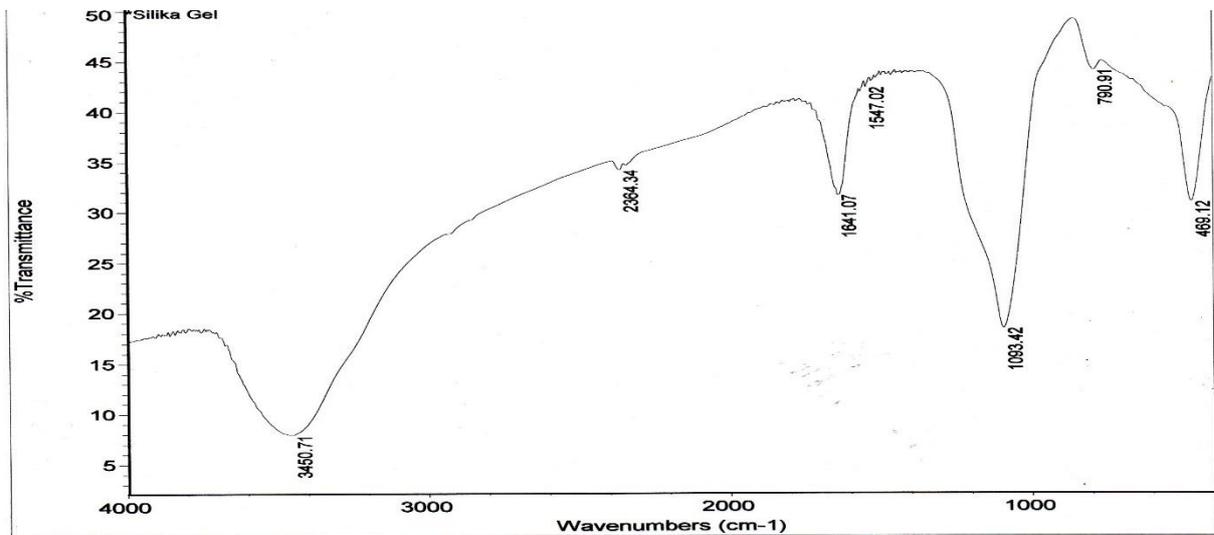
Untuk menentukan pengaruh suhu terhadap adsorpsi pada penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut: Disiapkan erlenmeyer 50 ml sebanyak empat buah. Kemudian dimasukkan larutan PDC pada masing-masing wadah sebanyak 45 ml dengan konsentrasi 7 ppm. Kemudian masing-masing ditambah 0,2 gr silika gel lalu dipanaskan menggunakan hot plate stirrer dengan variasi suhu yaitu 300; 400 500 dan 60°C selama 1 jam. Kemudian larutan tersebut diambil filtratnya dan dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis.

Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Silica Gel dari Ampas Tebu

Spektrofotometri FT-IR merupakan suatu metode untuk mengetahui gugus fungsional dari suatu molekul. Karakterisasi gel silika dengan Spektrofotometer FT-IR bertujuan untuk mengetahui adanya gugus Si-OH dan Si-O-Si.

Gambar 1. Spektra Infra Red Silika Gel dari Ampas Tebu



Tabel 1. Interpretasi Spectra Infra Merah Silika Gel dari Ampas Tebu

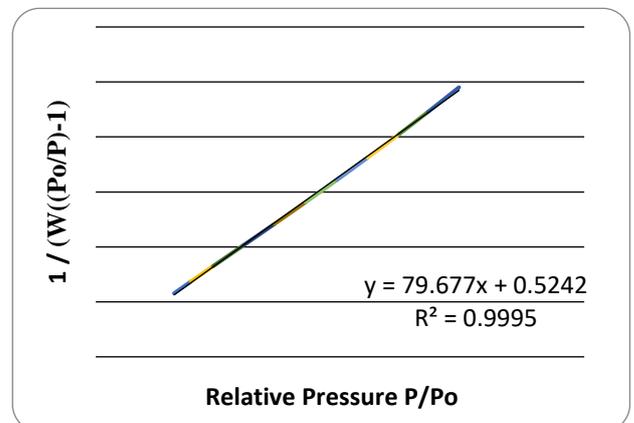
Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
Ulur OH (Si-OH)	3450,71
Vibrasi Ulur gugus -Si-H	2364,34
Tekuk OH (Si-OH)	1641,07
Vibrasi ulur gugus (-C=O)	1547,02
Ulur Asimetri Si-O (Si-O-Si)	1093.42
Ulur Simetri Si-O(Si-O-Si)	790,91

Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita serapan pada daerah 3450,71 cm⁻¹ dan 3415,70 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan vibrasi ulur -OH dari (Si-OH). muncul pada bilangan gelombang 3448,5 cm⁻¹ yang mengindikasikan adanya vibrasi ulur -OH dari Si-OH. Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita serapan pada daerah 2364.34 cm-1. Hal ini menunjukkan vibrasi ulur gugus -Si-H.. Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis 60 terlihat pita serapan pada daerah 1641.07 cm-1 dan 1629,70 cm-1. Hal ini menunjukkan vibrasi tekuk gugus OH dari Si-OH pada bilangan gelombang 1637,5 cm-1 mengindikasikan adanya vibrasi tekuk -OH dari Si-OH. Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita serapan pada daerah 1547,02 cm-1. Hal ini menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus karbonil (-C=O). (Nuryono. 2003, Nuryono dan Narsito.2005, Sriyanti, et al., 2004)

Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis 0 terlihat bahwa serapan karakteristik silika gel muncul di daerah 1093.42 cm⁻¹ dan 1097,40 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan vibasi ulur asimetri internal Si-O dari Si-O-Si. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Silverstein (1991) serapan lebar dan tajam pada 1101,3 cm⁻¹ mengindikasikan vibrasi ulur asimetri Si-O dari Si-O-Si. Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita serapan pada daerah 966,00 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan adanya karakter vibrasi ulur Si-O dari Si-OH. Pernyataan tersebut dipertegas oleh

Silverstein (1991) serapan lebar dan tajam pada 966,3 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi Si-O dari Si-OH. Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat bahwa serapan karakteristik silika gel muncul di daerah 790.91cm⁻¹ dan 800,40 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan adanya vibarsi ulur simetri eksternal Si-O dari Si-O-Si. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Silverstein (1991) serapan tajam pada 800,4 cm⁻¹ menunjukkan vibarsi ulur simetri eksternal Si-O dari Si-O-Si. Pada spektra infra red silika gel hasil sintesis terlihat pita serapan yang cukup tajam pada daerah 469.12 cm⁻¹ dan 451,30 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan sebagai karakter vibrasi tekuk Si-O-Si. 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. (Kalapathy,at all., 2002, Iswari., 2005 Jal, et.all., 2003)

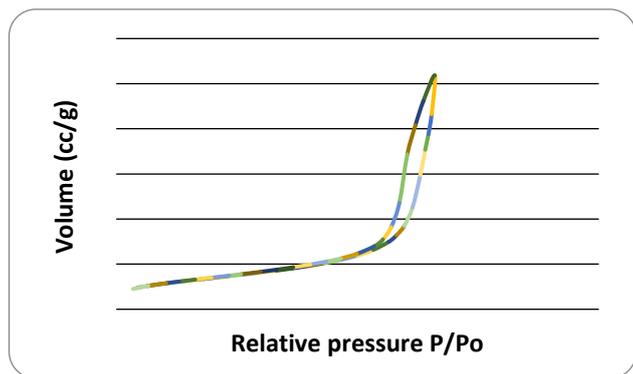
Data yang diperoleh dari analisis GSA didapatkan nilai luas permukaan spesifik, volum pori dan diameter pori yang disajikan pada Tabel 2.



Tabel 2. Hasil analisis silika gel hasil sintesis dengan GSA

Luas permukaan spesifik (m ² /g)	Volum pori total (cc/g)	Diameter pori (Å)
43,442	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).



Gambar 2. Adsorpsi Isotermal Silika Gel dari Ampas Tebu

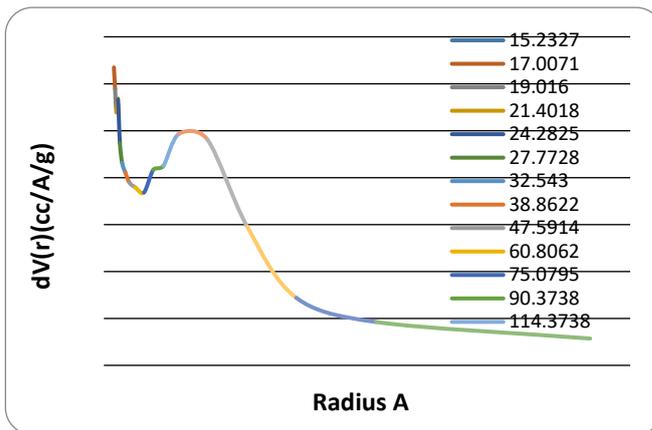
Adsorpsi isotermal merupakan hubungan antara jumlah molekul, volum dan massa gas yang teradsorb dengan tekanan yang terukur pada temperatur tertentu. Berdasarkan adsorpsi isotermal menurut IUPAC dapat dikelompokkan menjadi enam tipe seperti terlihat pada gambar 2 Klasifikasi adsorpsi isotermal, dapat diketahui struktur ukuran pori silika gel hasil sintesis bersifat pori tertutup didasarkan pada komparasi adsorpsi isotermal IUPAC sesuai dengan adsorpsi isotermal tipe III. 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. (Azmiyawati, et al., 2004, Eva. dan Mitha. 2011)

Isoterm BET merupakan metode umum untuk menentukan luas permukaan spesifik adsorben dari data adsorpsi, Silika gel hasil sintesis ditampilkan Gambar 3. Hasil perhitungan menunjukkan nilai luas permukaan spesifik silika gel hasil sintesis sebesar 43,442 m²/g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai luas permukaan spesifik dari silika gel hasil sintesis relatif besar.

Gambar 3. Isoterm BET untuk silika gel hasil sintesis

Luas permukaan spesifik pori merupakan suatu parameter yang penting dalam menentukan kualitas dari Silika gel hasil sintesis sebagai bahan adsorben. Hal ini disebabkan karena luas area 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.

Distribusi ukuran pori juga merupakan parameter penting di dalam kajian karakterisasi Silika gel hasil sintesis. Distribusi ukuran pori silika gel hasil sintesis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi ukuran pori silika gel hasil sintesis

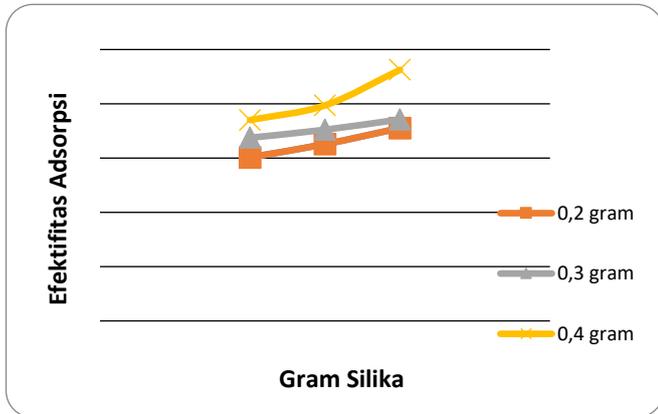
Dari Gambar 4 untuk distribusi ukuran pori silika gel hasil sintesis dapat diamati bahwa sebagian besar angka berada pada skala mesopori yang rendah. Dari gambar 4 diperoleh ukuran pori dari silika gel hasil sintesis berada dalam keadaan terpusat yang ditandai dengan adanya puncak-puncak tajam di satu daerah yang menandakan ukuran pori homogen pada daerah mesopori. Dari gambar 4 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 Paraquat denga Silica Gel dari Ampas Tebu

Hasil percobaan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal limbah pestisida dan berat adsorben ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 5

Tabel 3. Data pengaruh konsentrasi awal limbah pestisida dan berat adsorben silika gel terhadap efektivitas adsorpsi

No	C awal	0,2 gr	0,3 gr	0,4 gr
1	7	1,507	1,628	1,776
2	10	1,687	1,761	1,856
3	13	1,850	1,985	2,313



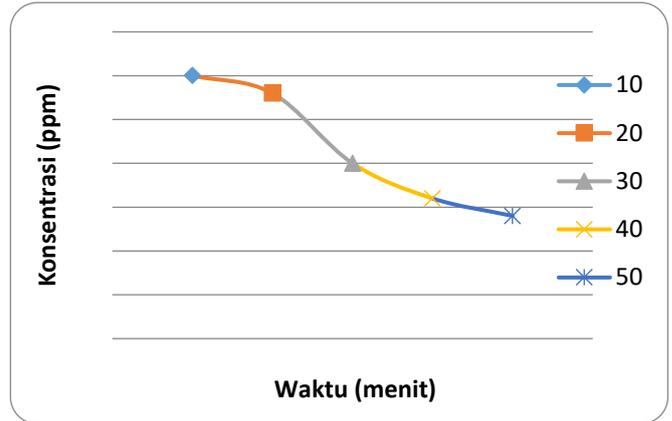
Gambar 5. Grafik hubungan antara efektivitas adsorpsi dengan berat silika gel

Pada Tabel 3 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa pada konsentrasi paraquat yang rendah, adsorpsi silika gel terhadap paraquat kurang efektif dibandingkan konsentrasi paraquat diklorida yang lebih besar. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi paraquat diklorida maka akan meningkatkan proses adsorpsi sehingga dapat menaikkan proses adsorpsi. Berdasarkan Gambar 5 dapat terlihat bahwa terjadi kecenderungan nilai adsorpsi efektif lebih tinggi dari masing-masing konsentrasi paraquat diklorida awal untuk jumlah silika gel (adsorben) yang bertambah. Dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah silika gel (adsorben) adsorpsi silika gel juga semakin efektif ini terlihat pada semua konsentrasi awal larutan. Hal ini disebabkan bertambahnya jumlah adsorben juga akan menambah luas permukaan adsorben sehingga paraquat diklorida lebih banyak yang terjerap.

Pada penelitian ini larutan paraquat diklorida yang digunakan ialah larutan simulasi limbah pestisida dengan konsentrasi 15 ppm. Pada kinetika adsorpsi ini hanya diambil satu konsentrasi awal untuk mengetahui persamaan kecepatan reaksi. Pada proses adsorpsi ini, larutan paraquat diklorida mengalami penurunan konsentrasi hingga mencapai kesetimbangan. Hasil penelitian kinetika kimia proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil penelitian kinetika kimia proses adsorpsi

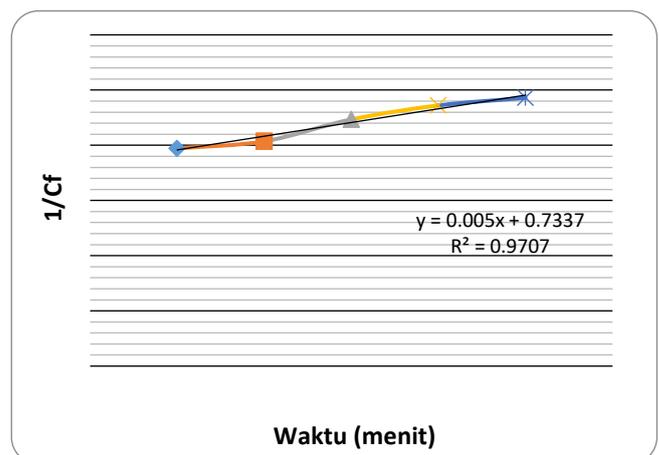
No	Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)
1	10	1,268
2	20	1,228
3	30	1,119
4	40	1,059
5	50	1,029



Gambar 6. Hubungan konsentrasi dengan waktu

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 6 dapat dilihat penurunan konsentrasi paraquat diklorida oleh adsorben (silika gel) sampai mencapai kesetimbangan pada waktu 50 menit pada konsentrasi 1,029 ppm. Hal ini karena kemampuan menyerap silika gel terhadap paraquat diklorida sudah maksimum dengan kata lain kapasitas jerap maksimum silika gel sudah tercapai. Untuk menganalisis data kinetik dapat digunakan metode integral, metode ini dapat mengetahui persamaan kecepatan reaksi adsorpsi paraquat diklorida, diawali dengan cara memilih bentuk persamaan kecepatan tertentu untuk diuji dengan cara integral dan membandingkan kurva hubungan C perkiraan dengan data C terhadap t dari percobaan. Jika tidak cocok, dilakukan tebakan yang kemudian diuji. Cara ini digunakan karena reaksi ini sederhana atau reaksi elementer.

Berdasarkan hasil percobaan pada Tabel 4 terlebih dahulu digunakan untuk menentukan orde reaksi, dicoba reaksi orde satu maka dibuat grafik hubungan waktu dengan $\ln C/C_0$ dan dicoba reaksi orde dua dibuat grafik hubungan waktu dengan $1/C$.

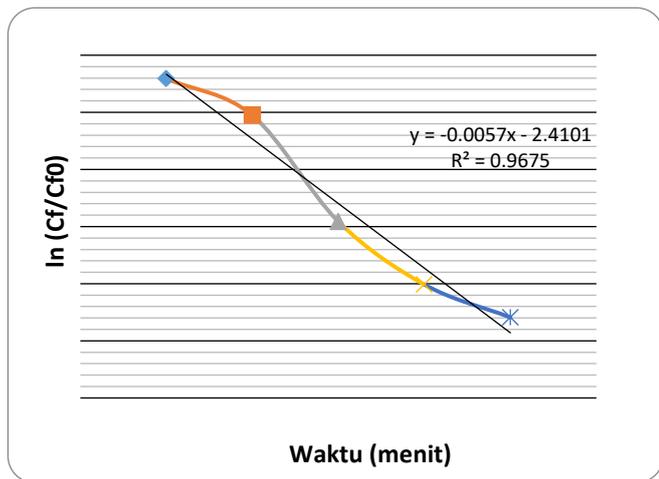


Tabel 5. Data hubungan t dengan $\ln C/C_0$

No	t (menit)	$\ln C/C_0$
1	10	-2.470609

2	20	-2.502663
3	30	-2.595614
4	40	-2.650725
5	50	-2.679462

Pasangan data dari 5 dibuat grafik hubungan waktu dengan $\ln C/C_0$ yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan t dengan $\ln C/C_0$

Berdasarkan grafik hubungan waktu dengan $\ln C/C_0$ diperoleh garis yang memiliki nilai $R^2=0,967$ (Gambar 3.7). Pada reaksi orde dua, data diolah sebagai pasangan waktu dengan $1/C$ yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data hubungan t dengan $1/C$

No	t (menit)	$1/C$
1	10	0,788644
2	20	0,814332
3	30	0,893655
4	40	0,944287
5	50	0,971817

Pasangan data dari Tabel 6 dibuat grafik hubungan waktu dengan $1/C$ yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8. Grafik hubungan t dengan $1/C$

Berdasarkan grafik hubungan $1/C$ dengan waktu tersebut diperoleh grafik yang linier dengan harga $R^2 = 0,970$ dan dapat disimpulkan bahwa reaksi tersebut adalah reaksi orde dua

Percobaan dengan variasi konsentrasi awal dihitung untuk dicocokkan dengan model adsorpsi kesetimbangan Langmuir sesuai dengan persamaan berikut :

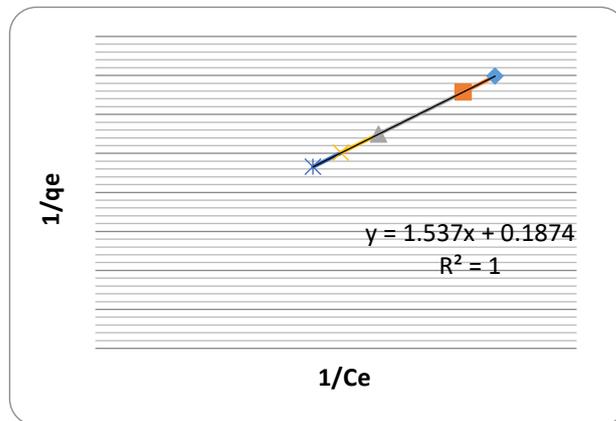
$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q \cdot b} \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q}$$

Dari persamaan di atas dibuat grafik hubungan antara $1/q_e$ dengan $1/C_e$ dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 9 adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Data hubungan $1/q_e$ dengan $1/C_e$

No	C_0 , ppm	C_e , ppm	q_e , mg/g	$1/q_e$	$1/C_e$
1	4	1,432	3,0096	0,33227	0,698324
2	6	1,522	3,2701	0,30580	0,657030
3	8	1,820	4,2461	0,23551	0,549450
4	10	1,995	4,9004	0,20406	0,501253
5	12	2,149	5,5258	0,18096	0,465332

Untuk mencocokkan dengan model Langmuir dibuat grafik hubungan antara $1/q_e$ dengan $1/C_e$ yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9.



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

Dari persamaan grafik diperoleh grafik linier dengan nilai koefisien korelasi $R^2 = 1$ (satu).

Model adsorpsi kesetimbangan Freundlich sesuai dengan persamaan di bawah ini ialah:

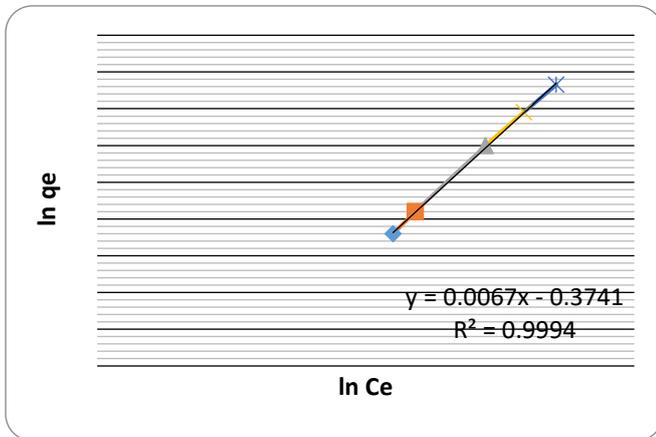
$$\ln q_e = \frac{1}{n} \ln C_e + \ln K_f$$

Berdasarkan persamaan di atas dibuat grafik hubungan antara $\ln q_e$ dengan $\ln C_e$ dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 9.

Tabel 8. Data hubungan antara $\ln q_e$ dengan $\ln C_e$

No	C_0	q_e mg/g	C_e ,ppm	$\ln q_e$	$\ln C_e$
1	4	3,0096	1,432	1,10180	0,35907
2	6	3,2701	1,522	1,18482	0,42002
3	8	4,2461	1,820	1,44600	0,59883
4	10	4,9004	1,995	1,58931	0,69069
5	12	5,5258	2,149	1,70942	0,76500

Untuk mencocokkan dengan model Freundlich dibuat grafik hubungan antara $\ln q_e$ dengan $\ln C_e$ yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9:



Gambar 9. Grafik hubungan antara $\ln q_e$ dengan $\ln C_e$

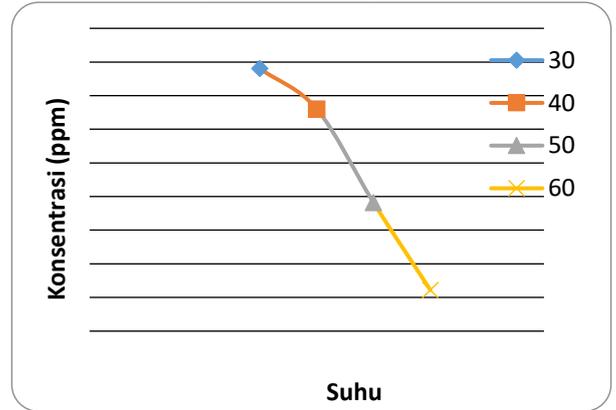
Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat nilai koefisien korelasi R^2 persamaan kesetimbangan model Freundlich diperoleh nilai $R^2 = 0,999$. Berdasarkan nilai R^2 kedua model, model Langmuir lebih mendekati 1 dibandingkan model Freundlich. Hal ini membuktikan bahwa data-data yang didapat mengikuti model persamaan Langmuir daripada Freundlich. Reaksi yang terjadi pada adsorpsi paraquat diklorida dalam limbah dengan silika gel dapat diwakili oleh persamaan kesetimbangan adsorpsi model Langmuir.

Tabel 9. Data pengaruh suhu terhadap laju reaksi

No	Suhu $^{\circ}C$	C_e , ppm
1	30	2,940
2	40	2,880
3	50	2,741
4	60	2,611

Gambar 10. Grafik hubungan antara konsentrasi dengan suhu

Dari data penelitian pada table 9 dengan percobaan pengaruh suhu terhadap laju reaksi dapat dijabarkan melalui



suatu grafik pada gambar 10. Data menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang dilakukan pada suhu 300C memberikan daya jerap silika gel yang paling tinggi yaitu dengan konsentrasi adsorbansi 2,940 ppm. Sedangkan untuk daya jerap paling rendah terdapat pada suhu 60 $^{\circ}C$ yaitu dengan konsentrasi adsorbansi 2,611 ppm. Dengan bertambah naiknya suhu adsorpsi yang semakin tinggi, daya adsorpsi silika gel juga akan semakin menurun. Hal ini berkemungkinan disebabkan oleh peningkatan suhu adsorpsi.

Kesimpulan

Silika gel dari limbah ampas tebu dapat dipreparasi dengan metode sol-gel dengan NaOH sebagai larutannya sedangkan HCl sebagai pelarutnya. Karakterisasi silika gel uji porositas menggunakan GSA didapatkan luas permukaan spesifik 43,442 m 2 /g, volum pori total 0,151 cc/g dan diameter pori 15,233 Å. Sedangkan gugus fungsional menggunakan FT-IR dan didapatkan adanya gugus Si-OH (silanol) dan Si-O-Si (siloksan) pada silika gel. Kinetika adsorpsi senyawa paraquat diklorida pada silika gel didapatkan reaksi orde dua.

Daftar Pustaka

Affandi, S., Setyawan, H., Winardi, S., Purwanto, A., Balgis, R., 2009. A Facile Method for Production of High Purity Silica Xerogel from Baggase. *Advanced Powder Technology*. Surabaya: Department of Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Sepuluh Nopember Institute of Technology

Akbar, R., 2008. *Sintesis Silika Gel Menggunakan Molekul Pengarah Amonium Karbonat*. Semarang: FMIPA Universitas Diponegoro

Alba, M.D., and Klinowski, J., 1996. Titano Silicates Mesoporous Molekuler Sieves MCM-41: Syntesis and Characterization, *J.Phys.Chem.*, 849-854

Azmiyawati, Nuryono, dan Narsito. 2004. Modifikasi Silika Gel dengan Gugus Sulfonat untuk Pemisahan Mg(II) dari Ni(II) dan Cd(II). *Seminar Nasional Kimia XIV*. Yogyakarta 6-7 september 2004.

Deni, S., Noor, Anis dkk. 2009. Adsorpsi Fenol Dalam Limbah Dengan Zeolit Alam Terkalsinasi. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir. Badan Tenaga Nuklir Nasional.

- Eva Fitria, L. dan Vania Mitha P. 2011. Pembuatan Silika Gel dari Abu Baggase yang Dicangkok Gugus Amine untuk Menyerap Gas Karbon Dioksida (CO₂). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fatimah, E., 1997. Pemanfaatan Abu sekam Padi untuk menurunkan kadar Cr (IV) dalam Limbah Industri . Bogor: FMIPA IPB.
- Iswari, A.R., 2005. Sintesis Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Asam Klorida. Skripsi. Semarang: Jurusan Kimia. FMIPA. Universitas Diponegoro.
- Jal, P. K., Patel, S dan Mishra, B. K. 2003. Chemical Modification of Silica Surface by Immobilization of Functional Groups for Extractive Concentration of Metal Ions. Elsevier B. V-Talanta.
- Kalapathy, U. Proctor, A. Schultz, J., 2002. Silicate Gel From Rice Hull Ash: Preparation and Characterization, Cereal Chemistry, 75:484–487.
- Mehdi, S., Halimah, M., Nashriyah, M. And Ismail, B.S. 2009. Adsorption and Desorption of Paraquat in Two Malaysian Agricultural Soils. Malaysia: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Nuryono. 2003. Sintesis Silika Gel Terenkapsulasi Enzim dari Abu Sekam Padi Dan Aplikasinya Untuk Biosensor. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.
- Nuryono dan Narsito.2005. Sintesis Bahan Hibrida Amino Silika dari Abu Sekam Padi Melalui Proses Sol Gel.Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Onggo,H.,Indarti,H, dan Marto Sudiryo,S,.1998. Suhu Optimal Pengarangan dan Pembakaran Sekam Padi. Bogor: FMIPA IPB.
- Rakhma, Widiyani. 2009. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi pada Berbagai Variasi pH dengan Metode Modifikasi Sol – Gel. Skripsi. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Sriyanti, Narsito dan Nuryono, 2004, Sintesis dan karakterisasi Silika Gel Merkaptopropil Trimetoksisilan, Semarang: Seminar Nasional MIPA, FMIPA Universitas Diponegoro
- Tri Suharsih. 2004. Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dan Asam Klorida Dalam Pembuatan Silika gel dari Abu Sekam Padi Terhadap Karakterisasi Hasil. Skripsi. Yogyakarta:FMIPA UGM.