



STUDI ADSORPSI-DESORPSI SENYAWA PARAQUAT DIKLORIDA DENGAN SILIKA GEL DARI LIMBAH AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum*)

Muhammad Miftakhul Huda, Endaruji Sedyadi, 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 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 kesetimbangan isotermis adsorpsi dan efektifitas desorpsi silika gel terhadap paraquat diklorida. Sintesis dilakukan dengan pengabuan ampas tebu pada temperatur 700°C selama 4 jam. Abu ampas tebu dilarutkan dengan larutan natrium hidroksida untuk menghasilkan natrium silikat, sedangkan pembentukan gel dilakukan melalui penambahan HCl. Hasil penelitian yang didapat menunjukkan bahwa silika gel hasil sintesis memiliki luas permukaan 43,442 m²/g, volum pori 0,151 cc/g, dan diameter pori 15,223 Å. Kesetimbangan isotermis adsorpsi dimungkinkan mengikuti model kesetimbangan Freundlich dengan nilai R² = 0,994. Persamaan kesetimbangan Freundlich silika gel hasil sintesis adalah $q_e(0,2) = 3,11 C_e^{0,388}$. Efektifitas desorpsi diperoleh dengan menggunakan agen pendesorpsi NaOH.

This publication is licensed under a



Kata kunci: Silika gel, Adsorpsi, Desorpsi.

Pendahuluan

Pestisida merupakan zat kimia serta jasad renik dan virus yang digunakan untuk membunuh hama dan penyakit. Sektor terbesar yang sering memakai pestisida adalah pada sektor pertanian. Penggunaan pestisida yang salah atau pengelolaannya yang tidak tepat dapat menimbulkan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan, residu pestisida pada makanan, terganggunya kesehatan manusia, terbunuhnya organisme berguna, hama menjadi tahan terhadap pestisida dan munculnya masalah lainnya.

Selain penggunaan pestisida, penggunaan pupuk sintetis juga marak digunakan pada pertanian modern saat ini. Pupuk sintetis memang dapat meningkatkan beberapa jenis hara namun mengganggu penyerapan unsur hara lainnya serta keseimbangan hara dalam tanah. Pupuk ini juga menekan pertumbuhan mikroba tanah menyebabkan berkurangnya humus dalam tanah (Glass, 1987).

Paraquat (1,1'-dimetil 4,4'-bipiridilium diklorida) merupakan jenis racun herbisida nonselektif yang bereaksi cepat dan membunuh jaringan tanaman hijau saat terjadi kontak langsung. Paraquat dapat membentuk ikatan dan merusak jaringan epitel dari kulit, kuku, saluran pernafasan dan saluran pencernaan, sedangkan larutan yang pekat dapat menyebabkan peradangan. Paraquat mempunyai titik didih yang sangat tinggi yaitu sebesar 175-1800C. Paraquat sangat larut dalam air kurang larut dalam alkohol dan tidak larut dalam senyawa hidrokarbon, sehingga perlu adanya penelitian mengenai penanganan limbah paraquat dalam tanah pertanian dengan metode dan adsorben lainnya.

Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) sebanyak 60% ampas tebu yang dihasilkan

dimanfaatkan sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas, industri jamur, dan lain-lain. Oleh karena itu, diperkirakan sebanyak 40% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan.

Di Indonesia pabrik gula 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.

Dari hasil analisa XRF terhadap abu bagasse diketahui bahwa dalam abu bagasse mengandung mineral-mineral berupa Si, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Cu, Zn dan P. Karena kandungan silika dalam abu bagasse besar maka abu bagasse berpotensi sebagai bahan baku pembuatan silika gel sehingga mempunyai nilai tambah yang lebih dengan memanfaatkan limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik gula.

Nilai ekonomis dari ampas tebu akan semakin tinggi apabila dilakukan proses lanjutan yaitu dengan memanfaatkan limbah tebu menjadi silika gel yang digunakan sebagai filter limbah pestisida. Wibowo (1998) menemukan bahwa sebesar 62,748% silika diperoleh dari ampas tebu yang telah dibakar pada temperatur 200-300o C selama 2 jam. Silika adalah salah satu bahan anorganik yang memiliki sifat stabil terhadap pengaruh mekanik, panas, pelarut organik, dan kondisi pH ekstrim (Mulder 1996), sehingga silika dari ampas tebu dapat dibuat menjadi membran penyaring limbah pestisida.

Pada penelitian ini silika gel yang diperoleh akan diaplikasikan sebagai adsorben senyawa pestisida (paraquat diklorida). Adsorpsi merupakan suatu gejala permukaan di mana

terjadi penyerapan atau penarikan molekul-molekul gas atau cairan pada permukaan adsorben. Beberapa adsorben yang dapat digunakan dalam penanganan limbah pestisida adalah serbuk gergaji, hasil samping pertanian, limbah industri makanan, dan rumput laut. Keunggulan adsorben ini relatif mudah didapatkan, ramah lingkungan, dan dapat diperbaharui (Seki dan Akira, 1988; Yun, dkk., 2001; Yun dkk. 2003).

Setelah digunakan untuk adsorben langkah selanjutnya adalah mendesorpsi adsorben tersebut. Desorpsi merupakan proses kebalikan dari proses adsorpsi yaitu proses pelepasan kembali spesi-spesi yang telah berikatan dengan sisi aktif dari permukaan adsorben. Maka dari itu, desorpsi merupakan proses regenerasi adsorben yang telah digunakan untuk mengadsorpsi senyawa pestisida. Dari latar belakang tersebut dapat dirumuskan bahwa tujuan penelitian ini adalah untuk mensintesis silika dari ampas tebu, dengan harapan dapat mengurangi jumlah pestisida dengan cara mengadsorpsinya dan meregenerasikan adsorben yang telah digunakan untuk mengadsorpsi sehingga dapat dipakai secara terus menerus.

Bahan dan Metode

Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan adalah ampas tebu, HCl cair 38 % merek medika kualitas p.a., NaOH anhidrat bentuk serbuk merek medika kualitas p.a., Paraquat diklorida (1,1'-dimetil 4,4'-bipiridilium diklorida) bentuk cair konsentrasi 45%, natrium dithionit anhidrat (Na₂S₂O₄.2H₂O) dan akuades.

Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi peralatan gelas, kertas saring, kertas saring Whatman 42, kertas pH, cawan porselen, gelas plastik, botol plastik, desikator, hot stirrer plate, timbangan analitik, oven pemanas, instrumen furnace, Spektrofotometer FT-IR PC 8201, GSA (NOVA 1200e) dan Spektrofotometer UV-Vis.

Metode Penelitian

Pembuatan Silika Gel dari Ampas Tebu

Ampas tebu dibersihkan dari pengotor, lalu dikeringkan dengan menjemur pada panas matahari. Ampas tebu yang telah kering selanjutnya diarakkan, kemudian diabukan pada suhu 700°C selama 4 jam, didapatkan abu berwarna putih keabuan. Abu digerus dengan lumpang dan mortar, disaring dengan ayakan yang mempunyai ukuran 200 mesh.

Enam puluh mililiter larutan NaOH 1,5 N ditambahkan ke dalam abu ampas tebu sebanyak 10 g, kemudian dididihkan selama 15 menit sambil diaduk. Bahan kemudian disaring setelah dingin, dan residu ditambah lagi dengan 60 mL larutan NaOH dan kembali dididihkan setelah dingin, disaring dan filtratnya disatukan dengan filtrat pertama sebagai larutan Na₂SiO₃ dan disimpan dalam botol plastik.

Larutan Na₂SiO₃ sebanyak 20 ml 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 dengan aquades, lalu disaring

dengan kertas saring Whatman 42 kemudian dikeringkan pada suhu 50o C selama 18 jam.

Karakterisasi Silika Gel dari Ampas Tebu

Silika gel yang terbentuk di karakterisasi untuk mengetahui luas permukaan, volume pori dan jari-jari pori menggunakan GSA. Untuk gugus fungsinya digunakan spektroskopi FT-IR.

Adsorpsi-desorpsi Paraquat dengan Silika Gel dari Ampas Tebu

Limbah pestisida simulasi dari larutan induk diencerkan sehingga memiliki konsentrasi 7, 10, dan 13 ppm. Masing-masing konsentrasi diambil 45 ml dan di masukkan ke dalam 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 290C selama 1 jam pada kecepatan 150 rpm. Kemudian larutan tersebut diambil filtratnya dan dikomplekkan dengan sodium dithionit lalu dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis yang terdapat di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Residu yang didapat kemudian dianalisis menggunakan spektroskopi FT-IR untuk mengetahui gugus fungsinya.

Silika gel yang telah digunakan untuk menyerap larutan paraquat kemudian didesorpsi dengan aquades. Caranya dengan memasukkan silika gel yang telah dipakai untuk mengadsorpsi paraquat ke dalam 45 ml aquades kemudian diaduk selama 30 menit, selanjutnya disaring dan filtratnya dianalisis dengan spektroskopi UV-Vis. Residu yang merupakan silika gel selanjutnya di keringkan menggunakan oven pada suhu 600C selama 2 jam, setelah kering silika gel didesorpsi kembali menggunakan NaOH 0.1 N. Cara kerja yang digunakan sebenarnya hampir sama yaitu dengan memasukkan silika gel yang telah di keringkan ke dalam 45 ml aquades kemudian diaduk selama 30 menit, selanjutnya disaring dan filtratnya dianalisis dengan spektroskopi UV-Vis. Sementara itu residu yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan spektroskopi FT-IR untuk mengetahui gugus fungsinya.

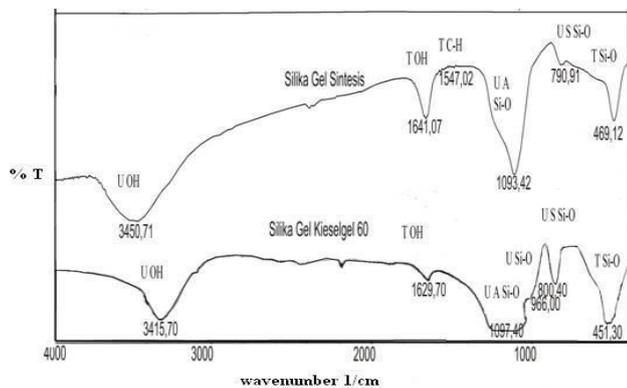
Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Silika Gel dari Pelepeh Pohon salak

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

Dari gambar 1 dapat diketahui bahwa pada spektra silika gel hasil sintesis, vibrasi ulur muncul pada bilangan gelombang 3450,71 cm⁻¹. Hal itu menunjukkan bahwa pada bilangan gelombang tersebut mengindikasikan adanya vibrasi ulur -OH dari silanol dan air yang terserap. Pada silika gel Kiesel Gel 60 vibrasi ulur -OH terdapat pada bilangan gelombang 3415,70 cm⁻¹. Pernyataan ini sesuai dengan silverstein (1991) bahwa vibrasi pada bilangan gelombang 3448,5 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur -OH dari Si-OH. Sementara itu vibrasi tekuk -OH dari Si-OH pada silika gel Kiesel Gel 60 muncul pada 1629,70 cm⁻¹ dan pada silika gel sintesis muncul pada 1641,07 cm⁻¹. Hal yang sedikit

berbeda terlihat pada silika gel sintesis, pada bilangan gelombang 1547,02 cm⁻¹ muncul vibrasi tekukan C-H dari CH₃, sedangkan pada silika gel Kiesel Gel 60 tidak muncul, ini dimungkinkan pada silika gel sintesis masih terdapat sedikit senyawa organik yang masih tertinggal pada silika gel. Sriyanti dkk. (2005) mengungkapkan bahwa pada bilangan gelombang 1101,3 cm⁻¹ mengindikasikan vibrasi ulur asimetri SiO dari Si-O-Si.



Gambar 1. Spektra infra red untuk silika gel Kiesel Gel 60 dan silika gel hasil sintesis.

Pada silika gel Kiesel Gel 60 dan sintesis juga muncul pada daerah 1097,40 dan 1093,42 cm⁻¹. Pada silika gel Kiesel Gel 60 vibrasi ulur Si-O dari SiOH muncul pada 966 cm⁻¹ sedangkan pada silika gel sintesis tidak muncul hal itu dimungkinkan karena vibrasi tersebut terlalu lemah sehingga tidak terdeteksi oleh pencatat. Vibrasi ulur simetri Si-O dari Si-O-Si muncul pada silika gel Kiesel Gel 60 dan sintesis yang masing-masing berada pada daerah 800,40 dan 790,91 cm⁻¹. Hamdan (1992) menyatakan bahwa pada bilangan gelombang 472,5 cm⁻¹ merupakan vibrasi tekuk Si-O dari Si-O-Si yang juga terlihat pada spektra silika gel Kiesel Gel 60 dan sintesis yang masing-masing pada 451,30 dan 469,12 cm⁻¹. Dari pernyataan ini dapat disimpulkan bahwa silika gel sintesis mempunyai kemiripan yang cukup signifikan dengan silika gel Kiesel Gel 60. Pergeseran bilangan gelombang yang terjadi diakibatkan karena adanya perbedaan energi dari pembentukan silika gel, jika energi yang digunakan semakin besar maka akan berbanding lurus dengan naiknya bilangan gelombang.

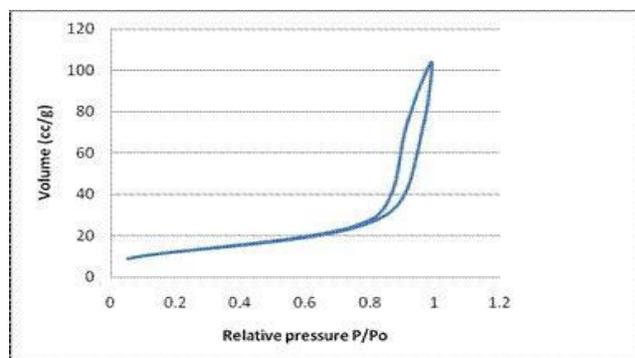
GSA merupakan alat atau instrumen untuk menganalisa karakter-karakter tertentu dari materi yang meliputi luas permukaan, volume pori, jari-jari pori, dan distribusi pori. Data hasil analisis tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. 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 1 didapatkan luas permukaan spesifik sebesar 43,442 m²/g, volum pori total yang terbentuk sebesar 0,151 cc/g, serta 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).

Marfungatun (2007) menyatakan bahwa kecilnya luas permukaan spesifik dikarenakan pada saat pembentukan gel terjadi reaksi kondensasi secara terus menerus dan berjalan cepat sehingga pembentukan pori-pori berkurang. Gel cenderung membentuk padatan material yang mempunyai pori tertutup (closed pores). Perubahan luas permukaan erat hubungannya dengan jari-jari pori. Apabila suatu padatan dengan berat tertentu memiliki luas permukaan yang semakin besar maka jari-jari pori semakin kecil dan jumlah pori yang terkandung semakin banyak. Adsorpsi isothermal untuk silika gel hasil sintesis ditampilkan pada Gambar 2.

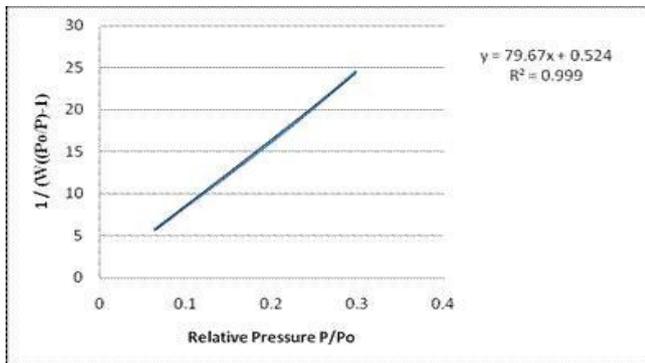


Gambar 2. Adsorpsi isothermal silika gel hasil sintesis

Adsorpsi isothermal merupakan hubungan antara jumlah molekul, volume dan massa gas yang teradsorb dengan tekanan yang terukur pada temperatur tertentu. Klasifikasi adsorpsi isothermal, dapat diketahui struktur ukuran pori silika gel hasil sintesis bersifat pori tertutup didasarkan pada komparasi adsorpsi isothermal IUPAC sesuai dengan adsorpsi isothermal 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.

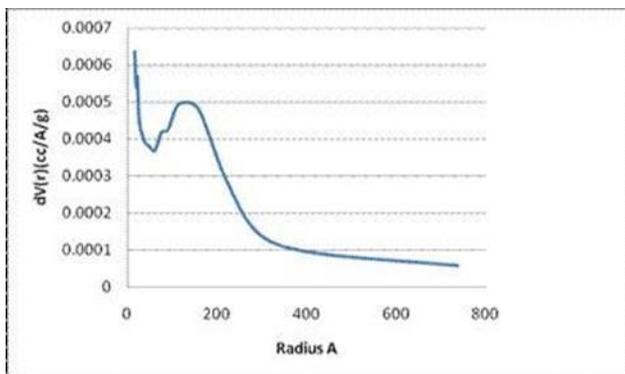
Isoterm BET merupakan metode umum untuk menentukan luas permukaan spesifik adsorben dari data adsorpsi, Silika gel hasil sintesis ditampilkan Gambar 3. Hasil perhitungan menunjukkan nilai luas permukaan spesifik silika gel hasil sintesis sebesar 43,442 m²/g. Luas permukaan spesifik pori merupakan suatu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



Gambar 3. Isoterm BET untuk silika gel hasil sintesis

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. 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 terpusat pada daerah mesopori.



Gambar 4. Distribusi ukuran pori silika gel hasil sintesis

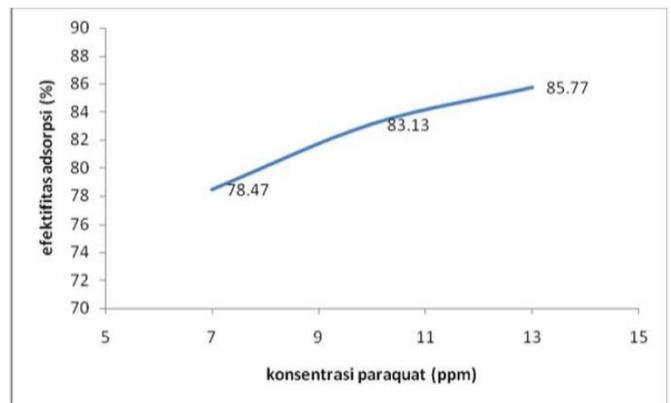
Adsorpsi-desorpsi Paraquat dengan Silika Gel dari Ampas Tebu

Adsorpsi adalah proses akumulasi substansi dipermukaan antara dua fasa yang terjadi secara fisik atau kimia, atau proses terserapnya molekul-molekul pada permukaan eksternal maupun internal suatu padatan. Pada proses adsorpsi umumnya dilakukan untuk senyawa organik dengan berat molekul (BM) lebih besar dari 46 dan dengan konsentrasi yang kecil. Semakin besar BM maka proses adsorpsi akan semakin baik. Adsorpsi dapat dilakukan terhadap senyawa paraquat karena paraquat mempunyai berat molekul yang cukup besar yaitu 257,16. Pada penelitian ini hal yang akan diketahui adalah efektifitas adsorpsi silika gel terhadap paraquat diklorida menggunakan variasi konsentrasi paraquat diklorida dan berat silika gel.

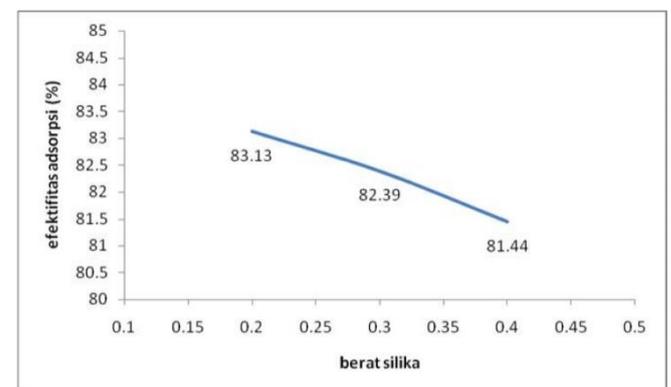
Hasil percobaan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal limbah pestisida dan berat adsorben ditunjukkan pada Tabel 2, Gambar 5 dan gambar 6.

Tabel 2. Data pengaruh konsentrasi awal limbah pestisida dan berat adsorben terhadap efektifitas adsorpsi

No	C awal ppm	(% efektifitas adsorpsi)		
		0,2 gr	0,3 gr	0,4 gr
1	7	78.47	76.74	74.62
2	10	83.13	82.39	81.44
3	13	85.77	84.73	82.21



Gambar 5. Grafik hubungan antara efektifitas adsorpsi dengan berat silika gel pada konsentrasi paraquat 10 ppm

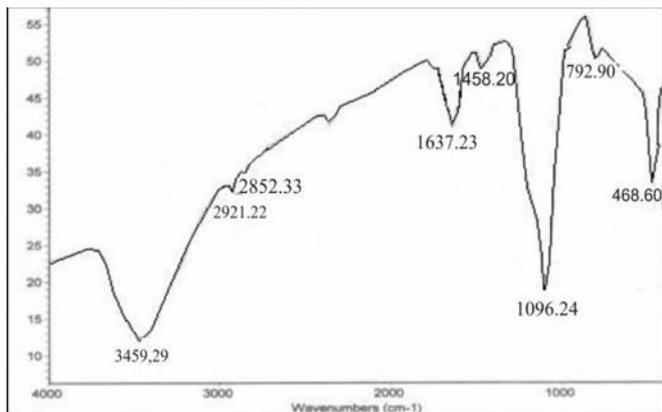


Gambar 6. Grafik hubungan efektifitas adsorpsi dengan konsentrasi pada berat adsorben 0,2 gr.

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa bertambahnya berat adsorben tidak diikuti dengan bertambahnya efektifitas adsorpsi. Hal ini dimungkinkan karena efektifitas adsorpsinya sudah tinggi, sehingga tidak banyak lagi jumlah paraquat yang terserap seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben dan cenderung berkurang. Selain itu dimungkinkan karena telah terjadi angka optimum sehingga efektifitasnya akan turun. Penurunan efektifitas terhadap bertambahnya jumlah adsorben juga dapat diakibatkan karena tumbukan antar adsorben sehingga paraquat yang telah teradsorp akan lepas kembali karena adsorpsi yang

terjadi berada pada energi rendah (suhu kamar). Pada grafik 6 terlihat bahwa konsentrasi paraquat yang lebih besar berbanding lurus dengan efektifitas adsorpsi, yaitu semakin besar konsentrasi maka akan semakin banyak jumlah paraquat yang teradsorp. Ini diasumsikan bahwa semakin besar konsentrasi paraquat maka jumlah paraquat yang akan terikat juga semakin banyak.

Silika gel yang telah digunakan untuk adsorpsi paraquat diklorida kemudian dikeringkan untuk menghilangkan molekul air pada silika gel. Selanjutnya silika gel dianalisis gugus fungsinya menggunakan spektroskopi FTIR. Adapun hasil analisis tersaji pada gambar 7.



Gambar 7. Spektra infra red untuk silika gel setelah adsorpsi

Dari hasil tersebut terlihat bahwa spektrofotometer FT-IR memperlihatkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3459,29 cm-1. Hal itu menunjukkan bahwa pada bilangan gelombang tersebut mengindikasikan adanya vibrasi ulur -OH dari Si-OH. Pada bilangan gelombang 2921.22 dan 2852.33 cm-1 dimungkinkan adanya gugus C-H yang berasal dari paraquat yang terikat pada silika gel. Hal itu dijelaskan pada buku spektroskopi oleh Hardjono sastrohamidjojo bahwa vibrasi lemah pada bilangan gelombang 2900-2800 adalah merupakan vibrasi dari aldehyd (C-H). Pada bilangan gelombang 1637.23 terlihat adanya pita serapan yang mengindikasikan adanya vibrasi tekuk gugus OH dari Si-OH. Hal itu sesuai dengan hasil pektro yang diperoleh Marfungatun (2007) yaitu spektra pada bilangan gelombang 1635.5 adalah vibrasi tekuk OH dari molekul air yang terikat. Pada bilangan gelombang 1458.20 cm-1 muncul vibrasi tekukan C-H dari CH3.

Sriyanti dkk,(2005) mengungkapkan bahwa pada serapan lebar dan tajam pada 1096,24 cm-1 mengindikasikan vibrasi ulur asimetri Si-O dari Si-O-Si. Pita serapan di daerah 792.90 cm-1 menunjukkan vibrasi ulur simetri eksternal Si-O dari Si-O-Si. Sedangkan pita serapan daerah 468.60 cm-1 merupakan vibrasi tekuk Si-O-Si.

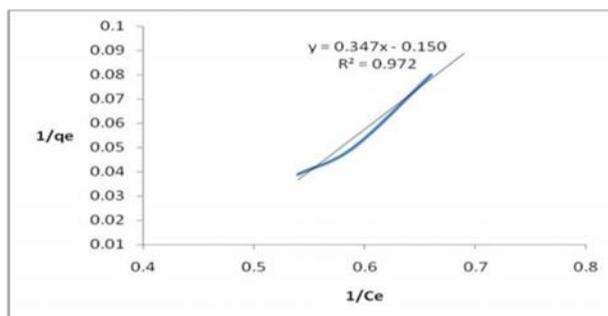
Isotermis adsorpsi merupakan hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada temperatur tertentu (Herawati, 2009). Jenis adsorpsi yang terjadi pada silika gel terhadap paraquat diklorida dapat diketahui dengan menguji persamaan regresi linier isotermis adsorpsi Langmuir dan

persamaan isotermis Freundlich. Penentuan isotermis adsorpsi Langmuir dapat diperoleh dengan mencari nilai konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (Ce) serta banyaknya zat yang terserap per satuan berat adsorben (qe). Nilai perhitungan isotermis adsorpsi Langmuir tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data hubungan $\frac{1}{q_e}$ dengan $\frac{1}{C_e}$ pada berat silika gel 0,2 gr

No	C0 (ppm)	Ce (ppm)	qe (mg/g)	$\frac{1}{q_e}$	$\frac{1}{C_e}$
1	7	1,507	12,359	0,08	0,66
2	10	1,687	18,704	0,05	0,59
3	13	1,850	25,087	0,04	0,54

Sedangkan persamaan isotermis adsorpsi Freundlich dapat diperoleh dengan cara menentukan konsentrasi paraquat pada saat kesetimbangan (Ce) dan banyaknya paraquat yang teradsorpsi tiap gram oleh silika gel (qe). Grafik persamaan isotermis adsorpsi Freundlich kemudian dibuat dengan cara memplotkan ln Ce dengan ln qe. Hasil perhitungan persamaan isotermis adsorpsi Freundlich dapat dilihat pada tabel 4.



Gambar 8. isotermis adsorpsi Freundlich

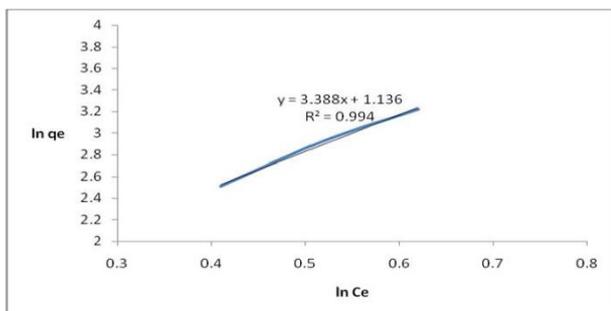
Tabel 4. Data hubungan ln qe dengan ln Ce pada berat silika gel 0,2 gr.

No	C0 (ppm)	Ce (ppm)	qe (mg/g)	ln qe	ln Ce
1	7	1,507	12,359	2,51	0,41
2	10	1,687	18,704	2,93	0,52
3	13	1,850	25,087	3,22	0,62

Untuk mencocokkan dengan model isotermis adsorpsi Freundlich dibuat grafik hubungan antara ln qe dengan ln Ce yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9.

Dari tabel 5 dapat disimpulkan bahwa kesetimbangan isotermis adsorpsi terhadap paraquat diklorida dimungkinkan mengikuti model kesetimbangan Freundlich karena nilai R2 yang lebih mendekati satu, selain itu dari energi yang digunakan juga kecil karena hanya berlangsung pada suhu kamar. Asumsi Isotermis adsorpsi Freundlich adalah adsorben mempunyai

permukaan yang heterogen. Setiap molekul adsorben mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda (multilayer). Dan teori isoterms adsorpsi Freundlich ini berlaku untuk adsorpsi fisika yaitu membentuk lapisan multilayer. Dari ini, dapat diasumsikan bahwa permukaan adsorben yang heterogen dapat mengadsorpsi lebih banyak molekul adsorbat. Adsorpsi fisik terjadi akibat adanya perbedaan energi atau gaya tarik bermuatan listrik (gaya van der Waals). Molekul adsorbat mulai diikat secara fisik menuju molekul adsorben. Atom O sebagai situs aktif permukaan silika gel, dalam hal ini sebagai donor pasangan elektron, merupakan spesies yang mempunyai ukuran relatif kecil dan mempunyai polarisabilitas rendah atau bersifat basa keras, sehingga kecenderungannya untuk berinteraksi dengan paraquat yang pada umumnya memiliki ukuran yang besar dan mempunyai polarisabilitas tinggi atau asam lunak secara teoritis relatif tidak begitu kuat (Atkins, 1990). Dengan ini maka adsorpsi fisik akan mudah untuk di desorpsi kembali. Adsorpsi fisika ini terjadi pada zat-zat yang bersuhu rendah dengan adsorpsi relatif rendah. (Kriswiyanti dan Danarto, 2007).



Gambar 9. Grafik hubungan $\ln q_e$ dengan $\ln C_e$ pada berat silika gel 0,2 gr.

Tabel 5. Data hasil perbandingan isoterms Langmuir dan Freundlich

Langmuir		Freundlich	
Nilai R^2	Persamaan	Nilai R^2	Persamaan
0,972	$q_e = \frac{2,88C_e}{1 - 4,31C_e}$	0,994	$q_e = 3,11C_e^{3,388}$

Desorpsi merupakan proses kebalikan dari adsorpsi, desorpsi adalah proses pelepasan kembali adsorbat dari adsorben kedalam larutan. Desorpsi menggunakan aquades tidak akan merusak adsorben sehingga dapat digunakan kembali untuk mengadsorpsi suatu senyawa. Teknik recovery paraquat ini termasuk dalam teknik recovery non destruktif karena tidak menimbulkan kerusakan pada sel adsorben, karena dalam hal ini aquades berfungsi sebagai pencuci adsorben. Dilihat dari penampakan fisik, adsorben tidak mengalami perubahan warna sehingga desorpsi ini dapat dikategorikan kedalam desorpsi non destruktif (Ilna Aldor,2000).

Setelah silika gel didesorpsi dengan aquades selanjutnya didesorpsi kembali menggunakan NaOH 0,1 N, hal ini

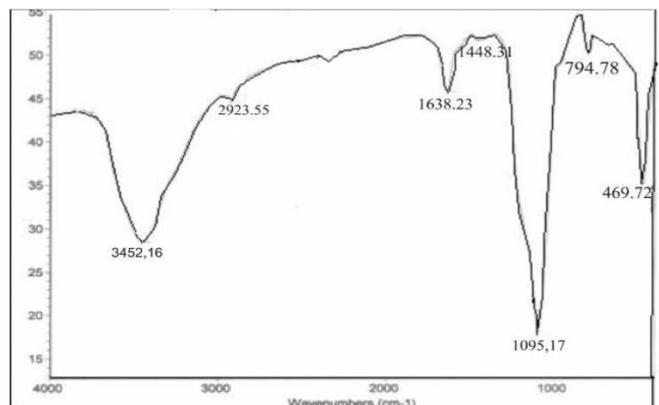
dimaksudkan agar paraquat yang masih tersisa pada permukaan adsorben dapat kembali dilepaskan dari adsorben tersebut. Pemilihan konsentrasi yang kecil diharapkan supaya adsorben tidak mengalami kerusakan sehingga dapat digunakan kembali untuk menyerap senyawa lain. Meskipun hasil desorpsi tidak dapat memulihkan kembali seperti semula namun agen pendesorpsi tidak merusak adsorben dan cukup untuk mengurangi kadar paraquat diklorida yang terserap ke dalam adsorben.

Tabel 6. Efektifitas paraquat diklorida yang terdesorpsi

C awal (teradsorp) ppm	Efektifitas desorpsi (%)	
	Aquades	NaOH 0,1 N
8,313	31,96	33,77
10,687	25,47	45,85

Dari tabel 6 dapat dideskripsikan bahwa penggunaan NaOH 0.1 N lebih efektif dibandingkan dengan aquades, hal itu dikarenakan proses desorpsi akan efektif bila menggunakan asam dan basa encer (Lies Triani, 2006). Pada basa atau asam kuat pekat akan mengakibatkan rusaknya adsorben, hal itu ditandai dengan adanya perubahan warna pada adsorben. NaOH dan aquades sama-sama dapat digunakan untuk mengambil kembali molekul paraquat yang telah terikat pada adsorben.

Selanjutnya silika yang telah didesorpsi kemudian dianalisis gugus fungsinya menggunakan Spektroskopi FT-IR. Adapun hasil dari analisis tersebut tersaji pada gambar 10.



Gambar 10. Spektra infra red untuk silika gel setelah desorpsi

Pada gambar 10 terlihat adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3452.16 cm^{-1} . Hal itu menunjukkan bahwa pada bilangan gelombang tersebut mengindikasikan adanya vibrasi ulur -OH dari Si-OH. Pada bilangan gelombang 2923.55 cm^{-1} dimungkinkan adanya gugus C-H yang berasal dari paraquat yang terikat pada silika gel. Gugus inilah yang menandai adanya proses desorpsi karena proses desorpsi merupakan proses pelepasan kembali spesi-spesi yang telah terikat pada adsorben.

Gugus C-H hanya muncul pada 2923.55 cm^{-1} berbeda setelah proses adsorpsi, gugus C-H muncul pada dua titik yaitu pada 2921.22 dan 2852.33 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1638.23 cm^{-1} terlihat adanya pita serapan yang mengindikasikan adanya vibrasi tekuk gugus OH dari Si-OH. Pada bilangan gelombang 1448.31 cm^{-1} muncul vibrasi tekukan C-H dari CH₃.

Serapan lebar dan tajam pada $1095,17\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan vibrasi ulur asimetri Si-O dari Si-O-Si. Pita serapan di daerah 794.78 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur simetri eksternal Si-O dari Si-O-Si. Sedangkan pita serapan daerah 469.72 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O-Si. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Hamdan (1992) serapan yang cukup tajam pada daerah $472,5\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi tekuk Si-O dari Si-O-Si.

Kesimpulan

Silika gel sintesis mempunyai spektra yang mirip dengan silika gel kiesel gel 60. Luas permukaan spesifik sebesar $43,442\text{ m}^2/\text{g}$, volume pori total yang terbentuk sebesar $0,151\text{ cc/g}$, serta diameter pori sebesar $15,233\text{ \AA}$. Kesetimbangan isoterms adsorpsi dimungkinkan mengikuti model kesetimbangan Freundlich, karena nilai $R^2 = 0,994$ dan cenderung mendekati 1, Sehingga persamaanya kesetimbangan Freundlich adalah $q_e = 3,11C_e^{3,388}$. Desorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan aquades dan juga NaOH $0,1\text{ N}$.

Daftar Pustaka

- Abdurrahman, Randi.2010. Sintesis Membrane Silika Nanopori Berbahan Dasar Ampas Tebu. Program kreatifitas mahasiswa. Fakultas MIPA IPB.Bandung
- Atkins. 1999. Kimia Fisika Jilid Dua, Erlangga. Jakarta.
- Glass, R.L. Adsorption of Glyphosate by Soils and Clay Minerals. *J. Agric. Food Chem.*35(4):497–500 (1987).
- Hamdan, H., 1992. Introduction to Zeolit: Syntesis, Characterization & Modification. Malaysia: Universitas Teknologi Malaysia.
- Herawati, Melly. Desi Runti Asmuni, dan Puguh Priyo Widodo. 2009. Produksi Isopropil Alkohol Murni untuk Aditif Bensin yang Ramah Lingkungan Sebagai Wujud Pemanfaatan Produk Samping Pada Industri Gas Alam. *Jurnal Kimia F MIPA Universitas Negeri Malang*. Malang.
- Ilana,Aldor.2000. Desorption of Cadmium from Algae Biosorbat.
- Iller,R.K. 1979.The Chemistry of Silica. New York.: Jhon Wiley and Sons.
- Kriswiyanti, Enny A dan Danarto, Y.C. 2007. Model Kesetimbangan Adsorpsi Cr Dengan Rumput Laut. *Jurnal kimia Jurusan Teknik Kimia FT UNS*. Semarang.
- Marfungatun. 2007. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Lumpur Panas Bumi Dieng dengan HCl dan H₂SO₄. *Jurnal skripsi kimia. FMIPA UGM*. Yogyakarta.
- Mehdi, S., Halimah, M., Nashriyah, M. and Ismail, B.S.2009. Adsorption and Desorption of Paraquat in Two Malaysian Agricultural Soils. *AmericanEurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(3): 555-560, 2009. School of Environmental

- and Natural Resource Sciences, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,Selangor, Malaysia
- Mulder ,M. 1991. Basic Principles of Membrane Technology. Klumer Academy Publisher. Netherland
- Onggo,H.,Indarti,H, dan Marto Sudiryo,S,.1998. Suhu Optimal Pengarangan dan Pembakaran Sekam Padi. *Jurnal penelitian kimia*.Bogor: FMIPA IPB.
- Sastrohamidjodjo,DR.Hardjono.2001.Spektroskopi.edisi kedua. Liberty. Yogyakarta.
- Silverstein, R. M,. 1991. Spectrometric Identification of Organic Compound. New York: John Wiley &Sons, Inc
- Sriyanti, Azmiyawati, Choiril dan Taslimah,. 2004.Sintesis dan karakterisasi Silika Gel Merkaptopropil Trimetoksisilan, *JSKA vol VII No 2 tahun 2005*. FMIPA Universitas Diponegoro. Semarang.
- Triani, Lies.2006. Desorpsi Ion Logam Tembaga (Ii) dari Biomassa Chlorella Sp yang Terimobilisasi dalam Silika Gel. *Jurnal skripsi kimia*. Semarang: Jurusan Kimia F MIPA UNNES..
- Wibowo. 1998. Peningkatan Kandungan SiO₂ Abu Ampas Tebu dan Efeknya pada Kuat Desak Beton. Laporan Studi : Fak. Teknik UAJY. Yogyakarta.
- Yun, Y.S, Park D, and Volesky B. 2001. Biosorption of Trivalent Chromium on the Brown Seaweed Biomass. *Environ, Sci, Technol*.