

CHARACTERISTICS OF RICE HUSK SILICA GRAFTED 4-VINYL PYRIDINE

Karakteristik Silika Sekam Padi Tergrafting 4-Vinil Piridin

Irwan Ginting Suka* and Wasinton Simanjuntak

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Lampung University, Bandar Lampung, 35144, Indonesia

Received 3 October 2007; Accepted 8 November 2007

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the grafting of 4-Vinyl Pyridine (4-VP) on silica prepared from rice husk, with the main aim to study whether the 4-VP grafted retains its characteristics. For this purpose, the grafted silica was analysed using FTIR spectroscopic method, followed by testing of the sample for solvent adsorption, Cu^{2+} adsorption from solution, and bacterial inhibitions, since 4-VP has been known to possess such properties. The FTIR analysis revealed that under the experimental conditions applied, the 4-VP was well grafted onto silica surface. The success of grafting was also supported by the results of solvent adsorption, which indicate the increase in adsorption capacity with increased percent of grafting and higher adsorption capacity toward polar solvent. The same supports are also provided by the ability of the sample to adsorb results of Cu^{2+} adsorption from solution, and the ability of the sample to inhibit the microorganism growth.

Keywords: Graft copolymerization, rice husk silica, 3-methacryloxypropyl trimethoxysilane, 4-vinyl pyridine, microorganism growth inhibition.

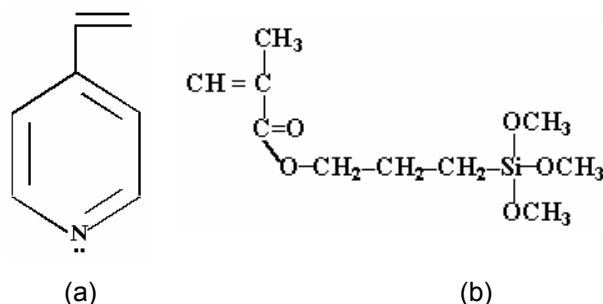
PENDAHULUAN

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memodifikasi permukaan oksida anorganik antara lain modifikasi dengan lapisan (*interlayer*) polimer reaktif, kopolimerisasi blok, adsorpsi polimer dan metoda deposisi lapisan demi lapisan untuk menghasilkan multi lapisan tipis di bagian permukaan oksida anorganik tersebut [1]. Metoda lain yang diketahui efektif untuk memodifikasi permukaan substrat anorganik adalah dengan polimer yang dapat terikat secara kovalen. Polimer yang tergrafting (tertempel/tercangkuk) secara kovalen tersebut mengubah sifat kimiawi permukaan akan tetapi masih tetap mempertahankan kekuatan mekanis dan geometri dasar substrat anorganik tersebut. Keunikan dari lapisan polimer yang terikat secara kovalen ini adalah, lapisan ini membuat mudah untuk menyesuaikan dan memanipulasi sifat-sifat antarmukanya. Misalnya dengan pemilihan polimer larut air yang sesuai, substrat yang dimodifikasi dapat dibuat menjadi lebih kompatibel dengan media cair [2].

Silika merupakan salah satu material oksida anorganik dengan pemanfaatan yang sangat luas, baik untuk pembuatan berbagai jenis material berbasis silika, misalnya keramik, zeolit sintesis, dan komposit organik-anorganik maupun secara langsung misalnya dalam pemurnian minyak sayur, produk farmasi, deterjen, adhesif, pengisi (fasa diam) kolom kromatografi, dan bahan pengisi (*filler*) polimer [3]. Dari berbagai penelitian sebelumnya diketahui bahwa modifikasi permukaan polimer oksida anorganik seperti zirconia, alumina dan silika dapat dilakukan dengan bantuan

gugus alkoxisilane (sililasi) [4, 5], yang berperan sebagai bahan pengkopling (*coupling agent*). Beberapa senyawa alkoxisilane yang telah digunakan sebagai *coupling agent* antara lain adalah *methacryloxypropyl-trimethoxysilane* [2,6,7], *3-glycidoxypropyltrimethoxysilane* [8,9], dan *3-aminopropyltriethoxy-silane* [10]. Modifikasi polimer anorganik dengan teknik grafting ini dilakukan antara lain untuk meningkatkan kompatibilitas dan daya adhesi antara material anorganik dengan matriks polimer film [11-13].

Dalam penelitian ini, 4-vinil piridin (4-VP) digrafting ke silika hasil ekstraksi dari sekam padi yang telah disililasi dengan 3-metakriloksipropil-trimetoksisilan (3-MPTMS) dengan bantuan inisiator 2,2'-azobisisobutyronitrile (AIBN). Karakteristik silika sekam padi tergrafting 4-VP yang dihasilkan diukur dari daya serap pelarut, daya adsorpsi ion logam (Cu^{2+}) dan daya hambat tumbuh bakteri. Struktur molekul 4-VP dan 3-MPTMS diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur molekul (a) 4-vinil piridin (4-VP) dan (b) 3-metakriloksipropiltrimetoksisilan (3-MPTMS)

* Corresponding author.

Email address : irwanginting@yahoo.com

Elektron bebas yang berada pada atom N dari 4VP diharapkan dapat bertindak sebagai ligan untuk membentuk kompleks dengan ion logam. Senyawa 4VP dilaporkan dapat membentuk kompleks dengan ion tembaga, mangan, besi, nikel, kadmium, dan timbal [14]. Selain itu, 4-Vinil piridin (4-VP) adalah suatu material yang menarik disebabkan memiliki gugus piridin yang bersifat basa dan diketahui memiliki aktifitas penghambat pertumbuhan bakteri [15-20]. Dengan menggrafting 4VP ke permukaan silika sekam padi, diharapkan akan dihasilkan silika sekam padi yang memiliki sifat sebagai adsorben ion logam dan penghambat pertumbuhan mikroorganisme. Kemampuan silika sekam padi tergrafting 4VP dalam mengadsorpsi ion logam diamati dengan mengujinya terhadap larutan ion tembaga dan dianalisis dengan AAS, sedangkan sifat anti mikroorganisme diamati dengan mengujinya terhadap sampel bakteri dengan menggunakan metode *Standart Plate Count (SPC)*.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan antara lain sekam padi, larutan KOH 5%, larutan HCl 10%, larutan NaClO 5%, larutan ion Cu^{2+} 100 mg/L, metanol, toluen, etanol, fenol, n-heksan, akuades, medium Tripton Glukosa Ekstrak Agar, sampel bakteri, indikator pH, 3-metakriloksipropiltrimetoksisilan (3MPTMS), monomer 4-vinil piridin (4VP), dan inisiator 2,2-azobisisobutyronitril (AIBN).

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah labu refluks dan kondensor, pompa vakum, penangas air, termometer, oven, neraca elektronik, corong Buchner, kertas saring, mortar, desikator, cawan Petri, pipet volum, labu Erlenmeyer, *Quebec Colony Counter*, IR, AAS, XRD, EDS, dan peralatan gelas yang umum digunakan dalam laboratorium.

Prosedur Kerja

Ekstraksi Silika Dari Sekam Padi

Sekam padi direndam dan dicuci dengan air panas untuk mengekstrak bahan organik larut air kemudian dikeringkan. Sampel sekam padi kering direndam dalam larutan KOH 5% dengan perbandingan berat 1 : 12, lalu dipanaskan hingga mendidih selama 30 menit dan dibiarkan selama 1 malam. Larutan kemudian disaring dan filtrat yang mengandung silika terlarut ditambahkan larutan HCl 10% hingga pembentukan endapan silika berhenti. Endapan selanjutnya dipisahkan dan dicuci dengan akuades untuk menghilangkan kelebihan HCl, lalu endapan bersih dikeringkan dalam vakum [21, 22]

Aktivasi Silika

Serbuk silika yang diperoleh dengan metoda ekstraksi di atas, dicetak dalam bentuk pelet selanjutnya dikalsinasi pada 450 °C selama 24 jam menggunakan furnace. Sampel silika lalu dietsa dengan 100 mL larutan HCl 10% pada 70 °C selama 4 jam sambil diaduk dengan stirrer, kemudian dicuci dengan air beberapa kali untuk menghilangkan kelebihan HCl [23]. Sampel kemudian direfluks lagi dengan 100 mL air selama 2 jam dan terakhir direfluks kembali dengan 100 mL metanol selama 1/2 jam untuk mempercepat pengeringan.

Sililasi Silika dengan Metakriloksipropiltrimetoksisilan (3-MPTMS)

Silika yang telah dietsa, dimasukkan ke dalam larutan campuran 40 mL toluen dan 3-MPTMS kemudian dijenuhi dengan gas nitrogen. Campuran lalu direfluks pada 120 °C, dengan variasi konsentrasi 3-MPTMS selama 3 jam dengan penangas minyak. Setelah reaksi selesai, sampel direfluks kembali dengan 50 mL toluen pada 120 °C selama 2 jam untuk menghilangkan sisa 3-MPTMS yang tidak bereaksi dan terakhir direfluks lagi dengan metanol selama 30 menit, kemudian dikeringkan untuk menghasilkan silika tersililasi dengan 3-MPTMS [23]. Jumlah silan (3-MPTMS) yang terikat pada silika sekam padi dihitung berdasarkan perbandingan berat 3-MPTMS yang terikat silika sekam padi dengan berat awal silika sekam padi sebelum mengikat 3-MPTMS.

Grafting 4-Vinil Piridin pada Silika Tersililasi

Silika yang telah disililasi, mengikat gugus aloksisilan (MPTMS), dimasukkan ke dalam tabung polimerisasi yang telah berisi 4-vinil piridin dengan jumlah tertentu (0,5; 1; 3 dan 5 % volum), pelarut metanol dan air (1 : 4) dan 2,2'-azobisisobutyronitril (AIBN) sebagai inisiator. Ke dalam campuran dialirkan gas nitrogen selama 5 menit, lalu direaksikan pada suhu 65 °C. Setelah reaksi, campuran lalu diekstraksi dengan air panas pada 80 °C selama 2 jam, dilanjutkan dengan aseton panas pada 60 °C kemudian dikeringkan untuk menghasilkan silika yang telah digrafting dengan 4-VP [1]. Jumlah 4-VP yang tergrafting ke silika termodifikasi dengan gugus aloksisilane 3-MPTMS yang disebut dengan persentase grafting, ditentukan berdasarkan perbandingan selisih berat silika termodifikasi silan setelah (W_g) dan sebelum digrafting (W_o) dengan berat awal silika termodifikasi silan sebelum digrafting (W_o) berdasarkan rumus (1) berikut :

$$\text{Persen grafting (\%)} = \frac{W_g - W_o}{W_o} \times 100\% \quad (1)$$

Silika dengan berbagai konsentrasi poli 4-VP yang tergrafting, dihasilkan dengan memvariasikan waktu polimerisasi.

Uji Adsorpsi Air (Hidrofilitas)

Uji ini dilakukan untuk melihat daya adsorpsi air silika setelah digrafting dengan monomer polar/hidrofilik 4-VP. Peningkatan adsorpsi permukaan silika diharapkan juga mampu untuk meningkatkan aktifitasnya sebagai adsorben ion logam. Sampel dengan berat tertentu (W_0), dicelupkan ke dalam air, etanol, fenol dan *n*-heksan, pada suhu kamar selama 12 jam. Setelah perendaman, sampel diangkat dari pelarut dan dibiarkan beberapa saat untuk menghilangkan kelebihan pelarut, berat sampel tersebut diukur kembali (W_t) [23]. Daya serap pelarut dihitung dari perbandingan selisih berat sampel setelah dan sebelum direndam dalam pelarut terhadap berat sampel sebelum direndam, dengan rumus (2) berikut:

$$\text{Daya adsorpsi pelarut (\%)} = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (2)$$

Uji Daya Adsorpsi Ion Logam (Cu^{2+})

Uji ini dilakukan untuk melihat kemampuan daya adsorpsi silika tergrafting 4VP terhadap kation logam tembaga (Cu^{2+}). Untuk percobaan ini, 10 mL larutan ion Cu^{2+} dengan konsentrasi 100 mg/L diinteraksikan dengan 20 mg sampel silika tergrafting 4VP dengan persentase grafting yang berbeda-beda pada suhu 27 °C dan dikocok dengan *shaker* selama 1 jam. Kemudian disentrifus selama 5 menit untuk memisahkan filtrat dan endapan. Kadar Cu^{2+} yang tersisa diukur menggunakan AAS [23]. Berdasarkan perbandingan selisih konsentrasi Cu^{2+} awal (W_0) dan setelah diinteraksikan dengan sampel (W_t) terhadap konsentrasi Cu^{2+} awal, besarnya adsorpsi [Cu^{2+}] oleh sampel dapat dihitung dengan rumus (3) berikut:

$$\text{Kapasitas adsorpsi (\%)} = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100\% \quad (3)$$

Uji Daya Hambat Tumbuh Mikroorganisme

Uji ini dilakukan untuk melihat kemampuan silika tergrafting 4-VP dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Sebanyak 2,5 g medium Trypton Glukosa Ekstrak Agar dilarutkan dengan 50 mL *aquades* dalam labu erlenmeyer, kemudian panaskan larutan tersebut sampai ± 50 °C. Akhirnya erlenmeyer ditutup dengan kapas dan kemudian dimasukkan ke dalam Oven pada suhu 120 °C selama 20 menit. Setelah sterilisasi isinya didinginkan sampai suhu 44–46 °C di atas pemanas. Sampel bakteri diencerkan hingga 100 kali, kemudian dipindahkan sebanyak 1 mL ke dalam cawan petri yang steril dengan menggunakan pipet volum steril. Sampel di dalam cawan diratakan dan cawan petri kemudian ditutup. Disiapkan cawan petri blanko, yakni dengan memindahkan air pengencer sebanyak 1 mL dengan menggunakan pipet volum steril ke dalam cawan petri yang steril, diratakan dan cawan petri ditutup. Sebanyak 0,05 g bubuk silika dan silika

tergrafting 4-VP masing-masing ditaburkan ke dalam cawan petri (kecuali cawan petri blanko). Ke dalam cawan petri yang berisi sampel dan cawan petri blanko dituangkan masing-masing sebanyak 10 mL medium Trypton Glukosa Ekstrak Agar (suhu 44–46 °C). Ratakan medium, kemudian dinginkan dengan tutup cawan diletakan miring agar uap dapat keluar. Biarkan medium membeku sempurna, kemudian cawan-cawan petri dibungkus dengan kertas dan segera diinkubasi secara terbalik pada suhu 35 °C selama 48 jam \pm 3 jam. Sampel yang sudah diinkubasi diamati dan dihitung jumlah koloni bakteri yang terbentuk dengan menggunakan *Quebec Colony Counter*. Cawan Petri blanko diperiksa terlebih dahulu sebagai tes mutu sterilisasi [15].

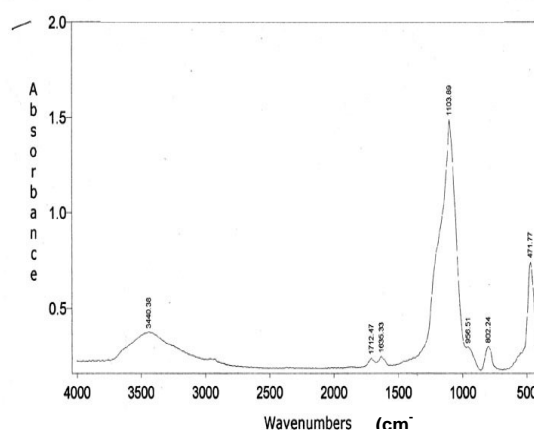
Karakterisasi

Karakterisasi dengan IR dilakukan terhadap silika murni dan silika yang tergrafting 3MPTMS untuk mengkonfirmasi telah terempelnya senyawa silan pada silika. Uji yang sama juga dilakukan terhadap silika yang tergrafting dengan 4-VP untuk mengetahui telah terbentuknya rantai grafting 4-VP pada permukaan silika sehingga dengan demikian proses grafting dapat dievaluasi. Untuk analisisnya, sebanyak 2 mg sampel dicampur dengan 300 mg KBr, lalu digerus hingga merata. Dari sampel ini selanjutnya dibentuk pelet dengan menggunakan alat pembuat pelet, lalu sampel dianalisis dengan memindai sampel dari bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Silika Tergrafting 4-VP dengan FTIR

Spektrum inframerah silika sekam padi tergrafting 4-VP diperlihatkan pada Gambar 2. Spektrum yang didapatkan menunjukkan adanya puncak yang khas yang terkait dengan gugus fungsi 4VP yakni pada daerah 1103,89 cm^{-1} yang merupakan regangan amina C-N dan daerah 802,24 cm^{-1} yang menunjukkan serapan dari cincin piridin [15]. Selain spektrum khas



Gambar 2. Spektrum FTIR silika sekam padi tergrafting 4-vinil piridin dari 4-VP, pada gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa spektrum 3-MPTMS muncul kembali dengan serapan pada daerah $1635,33\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan regangan C=C dari gugus 3-MPTMS dan daerah $1712,47\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi regang C-O dari ester pada gugus 3-MPTMS [8]. Adanya puncak khas gugus 3-MPTMS pada spektrum silika-(3-MPTMS) tergrafting 4VP menunjukkan bahwa proses grafting tersebut dipastikan melalui 3-MPTMS yang tergrafting pada permukaan silika yang bertindak sebagai *agent coupling*.

Puncak lainnya yang dapat diamati dari spektrum silika-(3-MPTMS) tergrafting 4-VP, yakni pada daerah $471,77\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan ikatan Si-O [8, 24], dan daerah $956,51\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya ikatan antara Si-O dengan logam [24]. Munculnya kedua puncak serapan tersebut menjelaskan bahwa grafting 4-VP tidak merata pada permukaan silika, sebab masih ditemukan adanya puncak serapan khas dari silika.

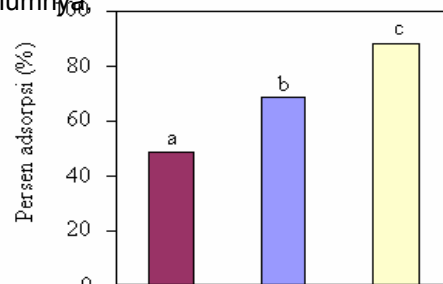
Keberadaan puncak yang melebar pada daerah $3440,38\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus hidroksil dari Si-OH (silanol). Munculnya gugus ini mengindikasikan bahwa tidak semua gugus silanol pada permukaan silika bereaksi dengan gugus metoksi dari 3-MPTMS pada saat proses sililasi. Selain itu, dari hasil spektrum tersebut terlihat bahwa proses grafting tidak mengubah puncak serapan di daerah *finger print* silika dan silika-(3-MPTMS). Hal ini menunjukkan bahwa proses grafting tidak sampai mengubah struktur asli dari silika.

Uji Hidrofilitas

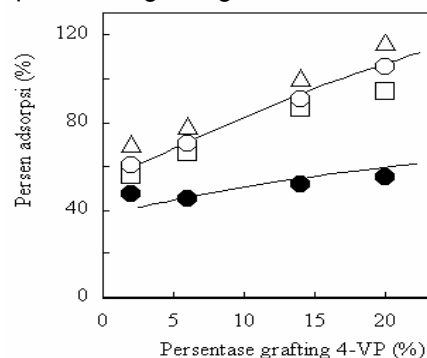
Percobaan uji hidrofilitas didasarkan pada karakteristik monomer 4-VP yang merupakan senyawa polar [14,25,26]. Selain itu, adanya pasangan elektron bebas pada atom N yang elektronegatif dari gugus 4-VP yang tergrafting pada permukaan silika diharapkan dapat menambah daya adsorpsi silika yakni dengan cara membentuk ikatan hidrogen dalam pelarut (adsorpsi kimia). Dengan demikian, silika yang tergrafting 4-VP akan memiliki daya adsorpsi pelarut yang lebih tinggi dibandingkan silika yang tidak tergrafting 4-VP.

Pada penelitian ini telah dilakukan uji adsorpsi air terhadap sampel silika, silika-(3-MPTMS) dan silika-(3-MPTMS)-(4-VP). Hal ini dimaksudkan untuk mempelajari kemampuan adsorpsi ketiga sampel tersebut sehingga diperoleh data perbandingan daya adsorpsi. Gambar 3 menunjukkan hasil uji adsorpsi ketiga sampel tersebut terhadap air. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa silika yang tergrafting 4-VP memiliki persen adsorpsi lebih tinggi dibandingkan

kedua sampel lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa pada sampel silika-(3MPTMS)-(4-VP), selain adanya adsorpsi oleh substrat silika, juga didukung oleh adsorpsi monomer 4-VP yang tergrafting pada permukaan silika. Seperti telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 3. Daya adsorpsi air (a) silika, (b) silika-(3-MPTMS), 22% sililasi dan (c) silika-(3-MPTMS) (4-VP) terhadap air, 15% grafting.



Gambar 4. Daya adsorpsi silika-(3-MPTMS)-(4-VP) terhadap air dan pelarut organik. (□) fenol, (○) etanol, (□) air dan (●) *n*-heksan.

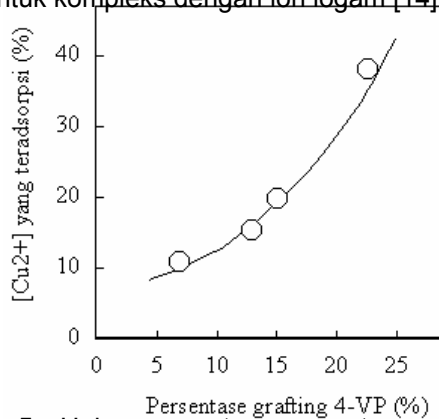
monomer 4-VP memiliki karakteristik polar yang memungkinkan dapat menyerap pelarut polar dengan cara membentuk ikatan hidrogen dalam hal ini dengan molekul air.

Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara persentase grafting dengan kemampuan adsorpsi silika-(3-MPTMS) tergrafting 4-VP dalam pelarut yang berbeda seperti terhadap pelarut air, etanol, fenol, dan *n*-heksan.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa persen adsorpsi dari silika-(3MPTMS)-(4VP) meningkat dengan bertambahnya persentase grafting di dalam pelarut polar dan non polar. Daya adsorpsi silika-(3MPTMS)-(4VP) dalam pelarut polar menunjukkan kecenderungan yang tidak jauh berbeda. Peningkatan daya adsorpsi pelarut dalam pelarut polar lebih besar dibandingkan dengan dalam pelarut non polar. Hasil ini mengindikasikan bahwa terdapat interaksi antara pasangan elektron bebas gugus piridin dari silika-(3-MPTMS) tergrafting 4-VP dengan pelarut polar, yang menghasilkan peningkatan daya adsorpsi silika. Hal ini membuktikan bahwa 4-VP telah tergrafting pada permukaan silika.

Uji Adsorpsi Ion Logam

Elektron bebas yang berada pada atom N dari monomer 4-VP dapat bertindak sebagai ligan untuk membentuk kompleks dengan ion logam [14], salah



Gambar 5. Hubungan antara persentase grafting 4-VP dengan kapasitas adsorpsi Cu^{2+} dari silika tergrafting 4-VP.

satunya adalah ion Cu^{2+} . Dengan melihat kemampuan silika-(3MPTMS) tergrafting 4-VP dalam mengadsorpsi ion Cu^{2+} , maka proses grafting dapat dievaluasi. Pada penelitian ini, dilihat pengaruh persentase grafting terhadap kapasitas adsorpsi ion Cu^{2+} . Gambar 5 memperlihatkan hubungan antara persentase grafting dengan jumlah ion Cu^{2+} yang teradsorpsi pada permukaan silika-(3MPTMS) tergrafting 4-VP.

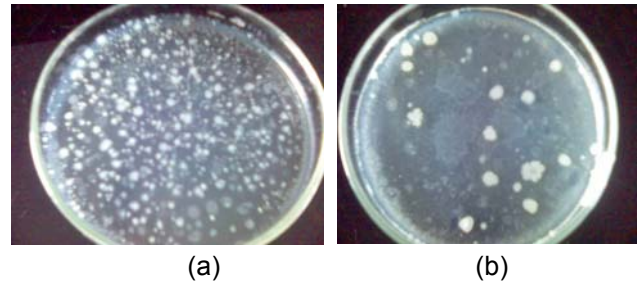
Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase grafting, yakni jumlah gugus 4-VP yang terikat pada substrat silika, konsentrasi ion Cu^{2+} yang teradsorpsi juga meningkat. Hasil ini memperjelas bahwa terbentuknya kompleks dengan ion Cu^{2+} sangat tergantung pada jumlah gugus 4-VP yang tergrafting pada permukaan silika.

Uji Daya Hambat Tumbuh Mikroorganism

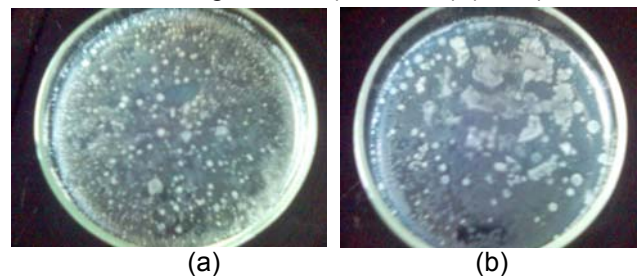
Analisis lain yang dilakukan adalah uji daya hambat tumbuh mikroorganism dengan menggunakan sampel bakteri. Gugus 4-vinil piridin dari vinil-N-heksilpiridinium dan turunan lain dari N-alkil vinil piridin diketahui memiliki sifat sebagai anti mikroorganism [15,18,19]. Dengan memasukkan sampel silika-(3MPTMS) tergrafting 4-VP terhadap bakteri, diharapkan proses grafting dapat dievaluasi. Sebagai pembandingan, pengujian yang sama juga dilakukan terhadap sampel silika tidak tergrafting 4-VP. Kemampuan sebagai penghambat pertumbuhan mikroorganism dilihat dengan mengamati dan menghitung jumlah koloni bakteri yang tumbuh ketika tanpa diinteraksikan dan diinteraksikan dengan kedua sampel tersebut selama 48 jam.

Gambar 6 memperlihatkan kondisi pertumbuhan koloni bakteri yang tanpa diinteraksikan dan yang diinteraksikan dengan silika-(3-MPTMS) tergrafting 4-VP (silika-(3-MPTMS)-(4-VP)) dengan persentase grafting sebesar 10,93%.

Pada Gambar 6, tampak dengan jelas bahwa pertumbuhan bakteri tanpa diinteraksikan dengan silika-



Gambar 6. Pertumbuhan koloni bakteri (a) tanpa diinteraksikan dengan silika-(3MPTMS)-(4VP) dan (b) diinteraksikan dengan silika-(3MPTMS)-(4-VP).



Gambar 7. Pertumbuhan koloni bakteri (a) tanpa diinteraksikan dengan silika dan (b) diinteraksikan dengan silika.

(3-MPTMS) tergrafting 4-VP memperlihatkan jumlah koloni yang cukup banyak, sedangkan pertumbuhan bakteri yang diinteraksikan dengan silika-(3MPTMS) tergrafting 4-VP memperlihatkan jumlah koloni yang sedikit. Hasil penghitungan menggunakan *Quebec Colony Counter* menunjukkan jumlah koloni yang terbentuk pada percobaan pertumbuhan bakteri tanpa diinteraksikan dengan silika-(3MPTMS) tergrafting 4-VP (Gambar 6a) yakni sekitar 148 koloni, sedangkan pada percobaan pertumbuhan bakteri yang diinteraksikan dengan silika-(3MPTMS) tergrafting 4-VP (Gambar 6b) yakni sekitar 21 koloni. Hasil ini menunjukkan bahwa silika-(3MPTMS) tergrafting 4VP cukup berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Sebagai pembandingan sekaligus untuk lebih menyakinkan hasil percobaan di atas, maka percobaan yang sama dilakukan dengan menggunakan sampel silika yang tidak digrafting dengan 4-VP, hasil percobaan ditunjukkan oleh Gambar 7. Gambar 7 menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri baik yang diinteraksikan maupun yang tanpa diinteraksikan dengan silika cenderung memperlihatkan jumlah koloni yang terbentuk sama banyak. Hasil penghitungan

menggunakan *Quebec Colony Counter* menunjukkan jumlah koloni yang terbentuk pada percobaan pertumbuhan bakteri tanpa diinteraksikan dengan silika (Gambar 7a) yakni sekitar 116 koloni, sedangkan pada percobaan pertumbuhan bakteri yang diinteraksikan dengan silika (Gambar 7b) yakni sekitar 98 koloni. Hasil ini menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri cenderung tidak dipengaruhi oleh silika tempat 4-VP tergrafting. Berdasarkan hasil uji anti mikroorganisme yang telah dilakukan dengan menggunakan sampel bakteri, dapat disimpulkan bahwa silika-(3-MPTMS) tergrafting 4-VP memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri (bersifat sebagai anti mikroorganisme). Hasil uji aktivitas ini memperkuat keyakinan bahwa gugus 4-VP sebagai pembawa sifat anti mikroorganisme, telah tergrafting pada permukaan silika-(3-MPTMS).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa 3-metakrioksipropil-trimetoksisilan (3-MPTMS) dan 4-vinil piridin (4-VP) dapat digrafting pada silika hasil ekstraksi sekam padi. Daya adsorpsi pelarut dan daya adsorpsi logam silika tergrafting 4-VP dipengaruhi oleh persentase grafting yakni jumlah 4-VP yang tergrafting pada silika. Daya adsorpsi pelarut silika tergrafting 4-VP yang lebih besar terhadap pelarut polar menunjukkan peranan elektron bebas dalam piridin sebagai alat interaksi dengan pelarut polar. Percobaan daya hambat bakteri menunjukkan bahwa sifat antibakterial yang dimiliki oleh 4-VP dapat dipertahankan meskipun senyawa tersebut berada dalam keadaan terikat dengan silika.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada Direktorat DP3M Ditjend DIKTI atas dukungan dana dalam bentuk hibah penelitian Fundamental Riset Tahun Anggaran 2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Cohen, Y., Yoshida, W., Nguyen, V., Bei, N and Jou, J.D., 2001, *Surface Modification of Inorganic Oxide Surfaces by Graft Polymerization*. Marcel Dekker, Inc. NY 10016.
- Kurihara, S., Yoshimura, K., Ogata, T., and Nonaka, T. 1995, *J. Appl. Polym. Sci.* 57, 887-893.
- Kamath, S. R and Proctor, A. 1998. *Cereal Chem.* 75:484-487.
- Bauer, F., Sauerland, V., Glasel, H. J. Ernst, H., Findeisen, M., Hartmann, E., Langguth, H., Marquardt, B and Mehnert, R., 2002, *Macromol. Mater. Eng.* 287, 546-552.
- Park, Y.S., Ito, Y., and Imanishi, Y., 1998, *Macromolecules*, 31, 2606
- Seçkin, T., Gülte, A., İçduygu, M.G., and Önal, Y., 2002, *J. Appl. Polym. Sci.* 84, 164-171.
- Choi, S.H., Hwang, Y.M., Ryoo, J.J., Lee, K.P., Ohta, K., Takeuchi, T., Jin, J.Y and Fujimoto, C., 2003, *Electrophoresis*. 24, 3181-3186.
- Lin, J., Siddiqui, J.A., and Ottenbrite, M., 2001, *Polym. Adv. Technol.* 12, 285-292.
- Bourges, X., Weiss, P., Coudreuse, A., Daculsi, G and Legeay, G. 2002, *Biopolymers*, 63, 232-238.
- Shirai, Y., Shirai, K and Tsubokawa, N. 2001, *J. Polym. Sci A. Polym. Chem*, 39, 2157-2163.
- Plueddemann, E. P. 1982, *Silane Coupling Agents*, Plenum Press, New York, pp.75-108.
- Kang E.T., Neoh, K.G., Shi, J.L., Tan, K.L and Liaw, D.J. 1999, *Polym. Adv. Technol.* 10, 20-29.
- Zou, X.P., Kang E.T., Neoh, K.G., Zhang, Y., Tan, K.L., Cui, C.Q and Lim, T.B., 2001, *Polym. Adv. Technol.* 12, 583-595.
- El-Sayed, A., El-Rehim, H.A.A., Nevian, A.K., Atwa, S.M., and Shawsy, H.A., 1997, *J. Eur. Cer. Soc.* 43, 321-332.
- Juan, J., Bjørn W.J., and Erik, M.K., 2000, *Characterization of Plasma-Polymerized 4-Vinyl Pyridine on Poly(Ethylene Terephthalate) Film for Anti-Microbial Properties*. The Danish Polymer Centre. Department of Manufacturing Engineering and Management. The Technical University of Denmark. DK.-2800 Kgs Lyngby, Denmark.
- Rao, V., Ashokan, P.V., and Shridhar, M.H., 2000, *Mat. Sci. Eng. A.* 276: 266-268.
- Lin, J., Tiller, J.C., Lee, S.B., Lewis, K., and Klibanov, A.M., 2002, *Biotech. Lett.* 24: 801-805.
- Tiller, J.C., Lee, S.B., Lewis, K., Klibanov, A.M., 2002, *Biotech & Bioeng.* 79: 465-471.
- Cen, L., Neoh, K.G., Ying, L and Kang, E.T., 2004, *Surf. & Inter. Anal.* 36: 716-719.
- Jiang, J., Jensen, B.W and Kjaer, E.M., 2004, *Macromol. Symp.* 239: 84-90.
- Kalpathy, U., Proctor, A and Schultz, J., 2000, *Biores. Technol.* 73:257.
- Daifullah, A.A.M., Awwad, N.S., and El-Reefy, S.A. 2004, *Chem. Eng. Proc.* 43, 193-201.
- Yoshida, W., and Cohen, Y., 2003, *J. Membr. Sci.* 215, 249-264.
- Adam, F., Kandasamy, K., and Batakrishnan. S. 2006, *J. Coll. Int. Sci.* 304: 137-143.
- Inderjeet, K., Misra, B N., Gupta, A., Ghansham, S and Chauhan, S., 1998, *J. Appl. Polym. Chem.* 69, 599-610.
- Ghanshyam, S.C., Harinder, L., Swati, M., and Monica, B., 2000, *J. Appl. Polym. Chem.* 38, 4506-4518.

