

menghasilkan beberapa limbah buangan salah satu diantaranya adalah limbah zat warna. Meskipun di Indonesia belum ditetapkan baku mutu terhadap air limbah berwarna, tetapi pada masa yang akan datang diperkirakan peraturan mengenai limbah industri yang mengandung zat warna akan semakin ketat mengingat hal ini telah menjadi persyaratan baku mutu di beberapa negara maju. Amerika Serikat telah menentukan baku mutu buangan air limbah berwarna untuk tidak melebihi 200 unit ADMI (*American Dye Manufacturers Institute*) [1].

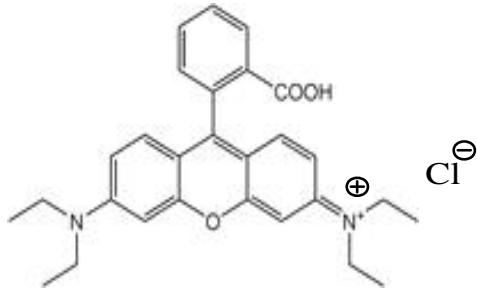
Diperkirakan sebanyak 10-15% dari jumlah zat warna yang dikonsumsi industri tekstil terbuang ke lingkungan. Jumlah tersebut setara dengan 0,01-0,25 g zat warna/L air limbah industri tekstil atau sekitar 50-3890 unit ADMI [2]. Hal ini berarti limbah zat warna telah melebihi ambang batas yang perlu mendapatkan penanganan serius agar tidak semakin merusak lingkungan.

Masalah yang cukup mengganggu pada lingkungan hidup antara lain karena menghalangi sinar matahari menembus lingkungan akuatik, sehingga akan mengganggu proses-proses biologis yang terjadi di dalamnya, disamping juga mengganggu estetika badan perairan serta mengalami penyebaran kontaminan zat warna berbahaya ke sejumlah tumbuhan dan hewan bahkan manusia yang mengkonsumsi air tercemar [3].

Zat warna pada limbah industri tekstil pada umumnya sangat berbahaya. *Basic violet 10* adalah zat warna tekstil yang bersifat karsinogen dan sering digunakan untuk pewarna makanan seperti kerupuk,

minuman, pisang goreng, dan lain sebagainya [4]. Penggunaan *basic violet 10* memberi ciri khas warna mencolok (pink) namun berpendar. Karsinogenesis kimiawi merupakan suatu proses multi-tahap. Sebagian besar karsinogen sebenarnya tidak reaktif (prokarsinogen atau karsinogen *proximate*), namun di dalam tubuh diubah menjadi karsinogen awal (*primary*) atau menjadi karsinogen akhir (*ultimate*). Sitokrom P 450 suatu mono-oksidasenya dependen retikulum endoplasmik sering mengubah karsinogen *proximate* menjadi intermediat defisien elektron yang reaktif (*electrophils*). *Intermediate* (zat perantara) yang reaktif ini dapat berinteraksi dengan pusat-pusat di DNA yang kaya elektron (*nucleophilic*) untuk menimbulkan mutasi. Interaksi antara karsinogen akhir dengan DNA semacam ini dalam suatu sel diduga merupakan tahap awal terjadinya karsinogenesis kimiawi. DNA sel dapat pulih kembali bila mekanisme perbaikannya normal, namun bila tidak sel yang mengalami perubahan dapat tumbuh menjadi tumor yang akhirnya nampak secara klinis.

Penelitian ini diilhami oleh kenyataan bahwa *basic violet 10* masih digunakan sebagai pewarna makanan dan minuman, padahal keduanya bersifat racun bagi manusia. *Basic violet 10* biasa digunakan untuk pewarna tekstil dan masuk ke dalam golongan pewarna yang dilarang digunakan untuk makanan. Rumus struktur zat warna kationik tekstil *basic violet 10* adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Struktur molekul *basic violet 10*.

Limbah zat warna diklasifikasikan sebagai salah satu pencemar utama pada kegiatan industri tekstil. Limbah zat warna industri tekstil umumnya sangat karsinogenik dan perlu mendapatkan perhatian serius. Pencemaran oleh zat warna tidak dapat ditanggulangi dengan proses koagulasi seperti kontaminan lain antara lain zat padat terlarut, COD, BOD dan lain-lain maka proses adsorpsi atau penyerapan merupakan suatu alternatif untuk mengatasi limbah zat warna [5]. Oleh karena itu perlu dicari dan diteliti suatu cara untuk menyerap zat warna tersebut secara optimal dengan bahan adsorben yang mudah diperoleh dan berkinerja tinggi

Ampas tebu merupakan bahan lignoselulosa, yaitu serat alami yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, pentosan, dan beberapa komponen ekstraktif lainnya [6]. Bahan-bahan organik yang telah tersedia melimpah ini sangat mungkin untuk direkayasa dan dikembangkan menjadi material cerdas melalui suatu proses modifikasi sebagaimana yang telah dilakukan oleh Utomo dan Susilowati [7]. Kedua peneliti tersebut telah berhasil meningkatkan kapasitas tukar kation sorben ampas tebu dengan cara sulfonasi lebih dari 200 %.

Rasio penyerapan zat warna antara sorben serat termodifikasi sulfonat dengan sorben serat alami adalah lebih dari 2/1 terhadap zat warna kationik tekstil *direct red 28*.

Lignoselulosa ampas tebu dipilih untuk adsorpsi zat warna dengan pertimbangan bahwa bahan adsorben tersebut di Indonesia jumlahnya cukup banyak. Bahan adsorben tersebut mengandung gugus aktif hidroksi dan karbonil yang dapat menyerap zat warna. Disamping itu, dengan penggunaan lignoselulosa ampas tebu untuk adsorpsi zat warna ini akan mengurangi limbah industri pabrik gula dan limbah industri tekstil. Maka dengan adanya masalah pencemaran limbah zat warna tersebut dan limbah pabrik gula yang belum dimanfaatkan secara optimal, perlu dicari suatu solusi dengan menjadikan *bagasse* sebagai adsorben untuk menyerap zat warna tekstil dengan dimodifikasi sulfonat terhadap zat warna *basic violet 10*.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Program Kimia PMIPA FKIP UNS Surakarta dengan rancangan penelitian sebagai berikut:

1. Pembuatan adsorben alami ampas tebu.

Ampas tebu yang diperoleh dari Pabrik Gula Tasikmadu Karanganyar dikeringkan dengan cara diangin-anginkan hingga diperoleh berat konstan. Ampas tebu yang telah kering dihaluskan atau diblender sampai diperoleh butiran-butiran kesil.

Selanjutnya diayak dengan ayakan 60 mesh untuk mendapatkan adsorben alami ampas tebu.

2. Pembuatan adsorben bebas ekstrak ampas tebu

Sebanyak 10 gram adsorben alami ampas tebu halus diekstraksi dengan ekstraktor sohxlet menggunakan pelarut etanol:toluen (1:2) sebanyak 300 ml selama 8 jam. Ekstraksi dilanjutkan dengan pelarut etanol sebanyak 300 ml. Padatan sisa ekstraksi direndam dengan air panas selama 2 jam kemudian disaring. Hasil yang diperoleh kemudian dikeringkan dan ditimbang. Ampas tebu yang sudah melewati proses ekstraksi awal ini disebut adsorben serat terekstraktif atau adsorben bebas ekstrak.

3. Sintesis lignoselulosa sulfonat

Adsorben bebas ekstraksi sebanyak 5 gram ditambah dengan 5 ml larutan induk yang terbuat dari 168 gram Na_2SO_3 dan 1 gram NaHCO_3 dalam 1 liter aquadest. Kemudian campuran tersebut distirer dengan pemanasan 70°C selama 2 jam [8]. Produk yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 70°C selama 3 jam untuk menghilangkan air. Analisis gugus fungsional dilakukan dengan menggunakan spektrometer IR Shimadzu 8201 PC dengan pelet KBr.

4. Penentuan konsentrasi zat warna yang terserap ke dalam masing-masing adsorben.

Percobaan dilakukan dalam suatu reaktor sistem *batch* dalam penangas air

temperatur 25°C . Sebanyak 0,1 gram adsorben lignoselulosa sulfonat ditambah dengan 10 ml zat warna dengan konsentrasi 50 ppm dalam reaktor 10 ml. Campuran kemudian distirer dengan variasi waktu kontak 5, 10, 20, 40, 80 dan 160 menit pada pH 6,0 untuk mengetahui waktu terjadinya kesetimbangan penyerapan zat warna oleh adsorben. Selanjutnya adsorben dipisahkan dengan cara disaring dengan penyaring buchner. Konsentrasi zat warna yang diserap oleh adsorben dihitung dari selisih konsentrasi awal dengan konsentrasi tersisa dalam larutan. Penentuan konsentrasi zat warna *basic violet 10* dalam larutan dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis 1601 PC Shimadzu pada panjang gelombang optimum 542,75 nm. Hal ini dilakukan juga untuk adsorben alami dan adsorben bebas ekstrak ampas tebu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kandungan komponen ekstraktif total dari limbah ampas tebu.

Hasil dari ekstraksi ampas tebu menggunakan pelarut etanol dan toluena didapatkan berat konstan yaitu 8,48 g dari ampas tebu alami awal 10 g. Proses ekstraksi terhadap ampas tebu yang sudah dihaluskan dengan menggunakan ekstraktor sohxlet dan pelarut netral dilakukan sebagai tahap proses penyempurnaan pendahuluan yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan minyak dan lilin dalam senyawaan ekstraktif yang dikhawatirkan akan mengganggu dan menghalangi kontak antara zat warna kationik tekstil *basic violet 10* yang larut dalam air dengan adsorben.

Kandungan komponen ekatraktif total (*total extractive conten*) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan yang mengikuti metode ASTM D 1105-96 sebagai berikut :

Kandungan komponen ekstraktif total

$$(\%) = \frac{W_0 - W_E}{W_0} \times 100\%$$

dimana W_0 = berat ampas tebu awal (g)

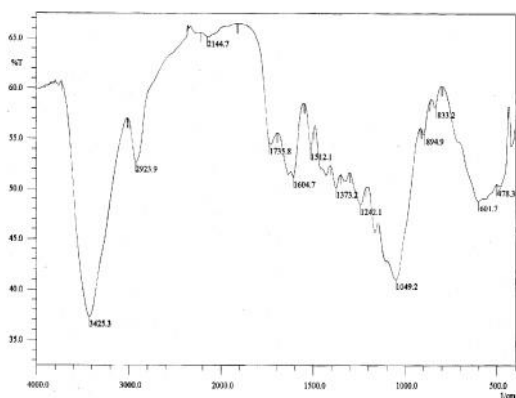
W_E = berat ampas tebu setelah diekstraksi (g)

Sehingga diperoleh:

Kandungan komponen ekstraktif total

$$= \frac{10 - 8,48}{10} \times 100\% = 15,2 \%$$

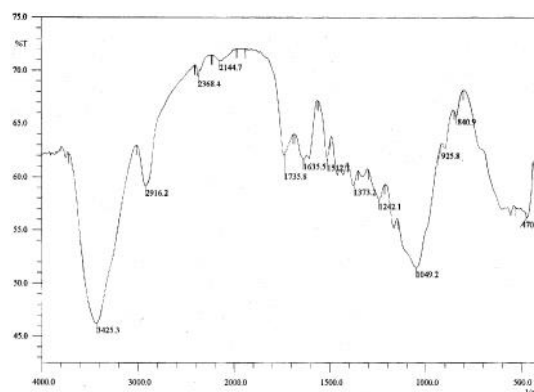
Dari hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa kandungan senyawa organik/ ekstraktif seperti lilin dan minyak yang terdapat dari sampel ampas tebu yang digunakan relatif cukup besar. Ampas tebu yang sudah melewati proses ekstraksi awal ini disebut adsorben serat terekstraktif atau adsorben bebas ekstrak



Gambar 2. Spektrum IR adsorben alamiampas tebu

Untuk keperluan identifikasi lebih lanjut, produk yang diperoleh baik adsorben alami maupun bebas ekstrak dianalisis

dengan menggunakan spektrometer IR dan hasil analisis yang berupa spektrum IR disajikan pada Gambar 2 dan 3. Dengan menggunakan spektrum IR tersebut dapat diperoleh informasi adanya gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam produk yang dianalisis.



Gambar 3. Spektrum IR adsorben bebas ekstrak ampas tebu

Kedua spektrum IR pada Gambar 2 dan 3 tersebut terdapat puncak-puncak serapan yang mirip, namun intensitas atau kelimpahannya berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa baik pada adsorben alami maupun adsorben bebas ekstrak mengandung gugus fungsional yang mirip pula hanya saja jumlah atau kadarnya yang tidak sama. Jika diperhatikan dari kedua spektrum IR (Gambar 2 dan 3) tersebut kelimpahan gugus fungsi adsorben bebas ekstrak cenderung turun dibandingkan dengan kelimpahan pada adsorben alami. Fakta ini membuktikan bahwa proses ekstraksi soklet mengurangi dan menghilangkan beberapa komponen ekstraktif yang dapat larut dalam campuran pelarut etanol-toluena. Dari hasil analisis diduga komponen ekstraktif tersebut juga memiliki beberapa gugus fungsi yang sama dengan gugus fungsi pada adsorben bebas

ekstrak sehingga setelah komponen ekstraktif tersebut dihilangkan maka kelimpahan gugus fungsi yang sama akan berkurang.

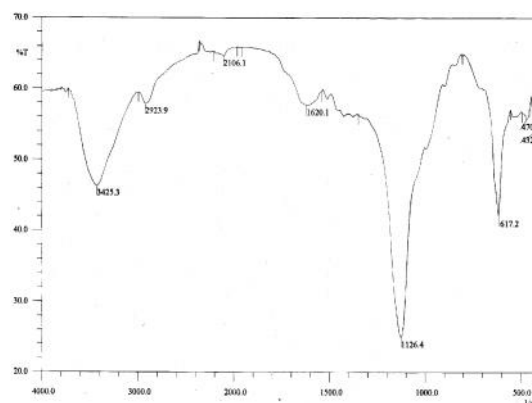
Spektrum IR pada Gambar 2 dan 3 menunjukkan adanya serapan yang melebar dengan intensitas kuat pada daerah sekitar $3425,3\text{ cm}^{-1}$ yang karakteristik untuk rentangan O-H menunjukkan adanya gugus hidroksi (-OH) pada sampel yang dianalisis. Untuk serapan pada daerah $2923,9$ dan $2916,2\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas sedang adalah serapan akibat adanya rentangan ikatan C-H (sp^3) alifatis yang diperkuat oleh serapan pada daerah $1373,2\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus metil ($-\text{CH}_3$). Adanya puncak serapan pada bilangan gelombang $1735,8\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan bahwa dalam sampel juga mengandung gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) meskipun kelimpahannya sedikit, sedangkan serapan pada daerah sekitar $1604,7$ - 1635 cm^{-1} dan $1512,1\text{ cm}^{-1}$ muncul akibat adanya vibrasi rentangan C-H tak jenuh aromatis.

2. Sintesis lignoselulosa sulfonat

Pada penelitian ini dilakukan sintesis lignoselulosa sulfonat dengan menggunakan metode yang telah dilakukan oleh Hans [9] dan Utomo [8] yaitu sintesis lignoselulosa sulfonat dari bahan dasar lignoselulosa ampas tebu dengan menggunakan larutan induk yang terbuat dari $168\text{ g Na}_2\text{SO}_3$ dan 1 g NaHCO_3 . Reaksi dilakukan melalui pengadukan disertai dengan pemanasan pada temperatur $70\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam.

Produk yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur $70\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam untuk menghilangkan

air. Analisis gugus fungsional dilakukan dengan menggunakan spektrometer IR Shimadzu 8201 PC dengan pelet KBr. Hasil analisis terhadap lignoselulosa sulfonat yang disintesis ditunjukkan oleh spektrum IR pada Gambar 4.



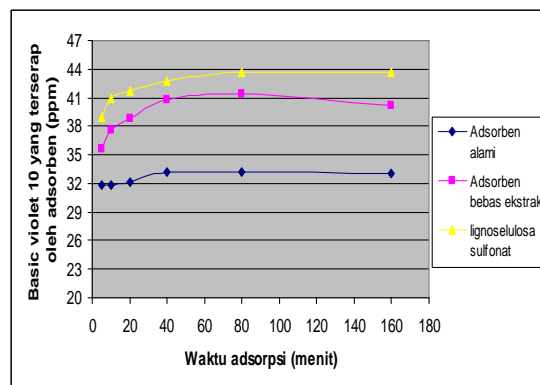
Gambar 4. Spektrum IR lignoselulosa sulfonat.

Berdasarkan spektrum IR pada Gambar 4 tersebut dapat diketahui bahwa gugus hidroksi masih terdapat di dalam senyawa yang ditunjukkan oleh adanya serapan pada $3425,3\text{ cm}^{-1}$ namun intensitasnya turun bila dibandingkan spektrum IR dari adsorben bebas ekstrak. Hal ini dapat dibenarkan karena gugus hidroksi yang ada dalam senyawa produk memang berkurang dengan adanya gugus baru yang masuk (SO_3) menggantikan beberapa gugus hidroksi. Hal yang paling menonjol yang membuktikan berhasilnya sintesis lignoselulosa sulfonat adalah munculnya serapan yang tajam dengan intensitas tinggi pada bilangan gelombang $1126,4\text{ cm}^{-1}$ yang karakteristik untuk gugus sulfonat (SO_3) dimana serapan ini tak dijumpai pada senyawa awal.

3. Adsorpsi zat warna kationik tekstil *basic violet 10* oleh masing-masing adsorben

Hasil dari pengamatan warna larutan zat warna *basic violet 10* sebelum dan sesudah diadsorpsi dapat diketahui bahwa adsorben alami, bebas ekstrak, maupun lignoselulosa sulfonat dapat digunakan sebagai adsorben zat warna *basic violet 10*. Hal ini dapat dilihat dari adanya perubahan warna merah tua menjadi merah muda bening untuk adsorben alami dan bebas ekstrak, serta dari merah tua menjadi merah muda sangat bening atau hampir tidak berwarna untuk adsorben lignoselulosa sulfonat.

Uji adsorpsi zat warna oleh masing-masing adsorben dilakukan pada temperatur isothermis dan pH larutan 6,0 melalui suatu proses pengadukan yang terus-menerus dalam sistem *bacth*. Pengadukan dilakukan selama 5 hingga 160 menit pada temperatur konstan 25 °C. Waktu pengadukan ini dipilih dengan berdasarkan pada penelitian Oscik [10] yang menyatakan bahwa kesetimbangan adsorpsi adsorbat pada berbagai adsorben tercapai setelah interaksi kurang lebih 1 jam. Penentuan konsentrasi zat warna dalam larutan dilakukan dengan mengukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis 1601 PC Shimadzu. Pengukuran dilakukan terhadap larutan standar dan sampel hasil uji penyerapan. Data-data yang diperoleh dari hasil analisis dengan AAS diolah. Hasilnya disajikan dalam bentuk profil yang menggambarkan hubungan antara jumlah zat warna yang terserap oleh masing-masing sorben terhadap waktu kontak (Gambar 5).



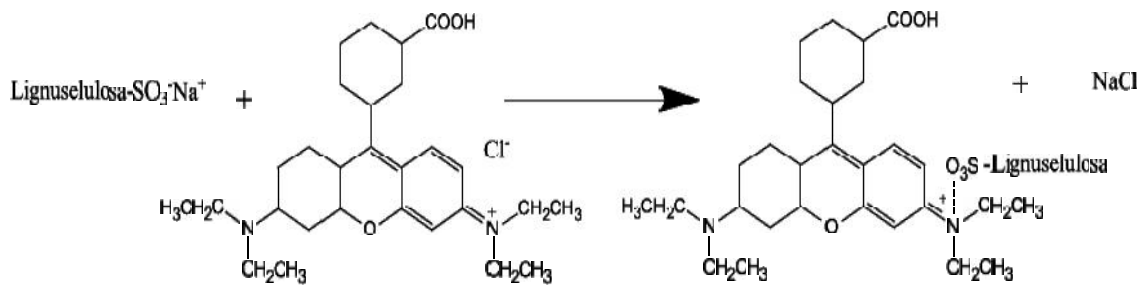
Gambar 5. Hubungan antara jumlah zat warna yang terserap oleh adsorben terhadap waktu kontak

Dari Gambar 5 di atas dapat diterangkan bahwa keadaan kesetimbangan proses adsorpsi adsorben lignoselulosa sulfonat dan adsorben bebas ekstrak terhadap zat warna *basic violet 10* tercapai setelah waktu kontak 80 menit yang ditandai dengan tidak adanya peningkatan yang signifikan dari jumlah zat warna yang teradsorpsi. Pada sorben alami yang digunakan sebagai pembanding, waktu kesetimbangan adsorpsi zat warna tercapai dalam waktu kontak 40 menit. Waktu ini lebih cepat jika dibandingkan dengan adsorben lignoselulosa sulfonat dan adsorben bebas ekstrak, tetapi jumlah zat warna yang diadsorpsi jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan adsorben lignoselulosa sulfonat dan adsorben bebas ekstrak.

Daya serap paling tinggi terjadi pada adsorben lignoselulosa sulfonat, dari konsentrasi awal 50 ppm zat warna yang terserap yaitu 87,42 % atau 43,71 ppm, daya serap adsorben bebas ekstrak 82,64 % atau 41,32 ppm, dan daya serap paling rendah terjadi pada adsorben alami 66,3 % atau 33,15 ppm.

Pada adsorben alami daya serap lebih rendah dikarenakan masih adanya komponen pengotor atau senyawaan organik yang berupa lilin dan lemak pada permukaan butiran adsorben sehingga mengganggu interaksi zat warna dengan gugus aktif yang dimiliki oleh adsorben. Hal ini menyebabkan penyerapan zat warna kationik tekstil *basic violet 10* oleh adsorben alami lebih kecil bila dibandingkan dengan adsorben bebas ekstrak dan lignoselulosa sulfonat. Daya adsorben bebas ekstrak lebih tinggi dari adsorben alami dikarenakan pada adsorben bebas ekstrak, setelah diekstraksi komponen pengganggu menjadi berkurang

sehingga zat warna dapat berinteraksi dengan gugus yang dimiliki oleh adsorben. Untuk lignoselulosa sulfonat mempunyai daya serap paling tinggi, yang mempunyai kelebihan peningkatan penyerapan sebesar 21,12 % dari adsorben alami, dan 4,78 % dari adsorben bebas ekstrak, hal ini dikarenakan setelah dimodifikasi dengan sulfonat (Gambar 6), komponen hidroksi dan karbonil masih, tetapi disini muncul gugus sulfonat yang mempunyai peran utama dalam proses penyerapan zat warna kationik melalui pertukaran ion positif dan negatif.



Gambar 6. Model interaksi lignoselulosa sulfonat dengan *basic violet 10*.

Dengan adanya modifikasi sulfonat pada adsorben lignoselulosa akan mengakibatkan meningkatnya jumlah situs aktif yang berperan dalam adsorpsi melalui gaya tarik maupun pertukaran ion sedemikian hingga daya serap adsorben termodifikasi sulfonat akan meningkat pula.

KESIMPULAN

Kandungan komponen ekstraktif total (*total extractive content*) dari ampas tebu yang diteliti adalah 15,2 %. Adsorben lignoselulosa sulfonat memiliki daya adsorpsi paling tinggi terhadap zat warna

tekstil kationik *basic violet 10* yaitu sebesar 87,42 %, sedangkan adsorben alami 66,3% dan adsorben bebas ekstrak 82,64%. Waktu optimum adsorpsi oleh adsorben alami adalah 40 menit, sedangkan untuk adsorben bebas ekstrak dan lignoselulosa sulfonat adalah 80 menit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Program Studi Pendidikan Kimia FKIP, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Banat, I.M., Nigam, P., Singh, D., dan Marchant, R., 1996, *Bioresour. Technol.*, 58, 217-227.
- [2] O'Neill, C., Hawkes, F.R., Lourenco, N.D., Pinheiro, H.M., dan Delee, W., 1999, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 74, 1009-1018.
- [3] Setiawan, A.H., Wiloso, E.I., Soleha, R., Barliati, V. dan Anggraeni, I.F., 2004, , *Jurnal Kimia Alchemy*, 3 (2): 10-15.
- [4] Santoso, S.O., 1989, *Cermin Dunia Kedokteran*, 55, 27.
- [5] Al-degs, Y., Khraisheh, M.A.M., Allen, S.J. and Ahmad, M.N., 2000, *Wat.res.*, 34 (3), 927-935.
- [6] Rowell, R.M., 1997, USDA Forest Service and Forest Products Society, Wisconsin.
- [7] Utomo, S.B., dan Susilowati, E., 2006, *Proseding Seminar Nasional Kimia dan Industri*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universita Sebelas Marer Surakarta, Surakarta, 9 September 2009.
- [8] Utomo, S.B., Susilowati, E., 2007, +, *Jurnal Enviro*, 9, 25.
- [9] Han, J.S., 1999, , Feberization, Chemical Modification and Mat.Formation, 2nd Inter-regional conference on environment-water.
- [10] Oscik, J., 1982, *Adsorption*, Ellis Horwood Limited, England