

## Studi Perancangan Material Komposit Berbahan Dasar Kitosan dan Selulosa Sebagai Langkah Pengendalian Limbah Tekstil *Methylene Blue*

Yosef Budiman<sup>1\*</sup>, Eka Rahmat Putra<sup>1</sup>, Ajeng Yulianti Dwi Lestari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang No.Km. 14,5, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584

\*E-mail: 19521006@students.uii.ac.id

### Abstract

*The amount of methylene blue (MB) in water bodies is one of the environmental issues that still need to be considered. The vast concentration of MB may increase the chemical oxygen demand level, so it has the potential to disrupt aquatic ecosystems. On the other hand, the adsorption process is one of the best methods that functionalizes as a utility for dye removal. This research studied the MB adsorption characteristic using cellulose-based adsorbent from banana fronds. Adsorbents were synthesized and modified using chitosan, bentonite, and acid addition. The adsorption process occurred at various concentrations of MB (40, 60, 80, 100, and 120 ppm) then the result will be proved and calculated by analysis using UV Vis and FTIR Spectrophotometer. The result showed that the bentonite addition could not increase the adsorption capacity optimally due to fluctuating spectrum of UV-Vis. In conclusion, the adsorbent can absorb MB in wastewater which is the optimal condition at 80 ppm for 24 hours.*

**Keywords:** Adsorption; Banana Fronds; Biosorbent; Methylene Blue

### Pendahuluan

Seiring berkembangnya era industri 4.0 pencemaran lingkungan menjadi salah satu isu global yang dapat ditemukan di berbagai lingkungan, salah satunya berada pada lingkungan perairan. Pencemaran lingkungan perairan oleh keberadaan limbah tekstil umumnya terjadi akibat pembuangan limbah industri garmen. Dalam industri skala besar seperti garmen, tidak dipungkiri adanya pengolahan limbah zat warna yang tidak sesuai standar sebelum dibuang, sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu dikarenakan limbah zat warna yang dibuang merupakan senyawa organik yang sulit terurai. Salah satu limbah zat warna yang menjadi fokus perhatian dalam penelitian ini adalah *methylene blue*.

Konsentrasi *methylene blue* dalam lingkungan dengan jumlah yang besar dapat menaikkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) sehingga memiliki potensi untuk mengganggu ekosistem air serta dapat menjadi sumber penyakit bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut, kelompok penelitian mahasiswa Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia bersama dosen pembimbing menginisiasi perancangan material komposit sebagai adsorben alami berbahan dasar selulosa dan kitosan.

Menurut penelitian Haji *et al*: 2020, komposit yang terbuat dari kitosan yang dilapisi dengan selulosa memiliki keistimewaan berupa bahan yang ramah lingkungan, tidak menghasilkan limbah, dapat terdegradasi, dan tidak beracun. Dari adanya keunggulan tersebut menimbulkan sebuah bahasan yang menarik untuk dikaji lebih lanjut. Oleh karena itu, penulis menyusun sebuah laporan penelitian yang dilaksanakan dengan harapan dapat mengetahui perbandingan efektifitas adsorpsi komposit pada *methylene blue* ketika sebelum dan setelah diberikan *bentonit clay*.

### Metode Penelitian

#### Metode

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengamati secara makroskopis dan mikroskopis untuk menyimpulkan perbandingan efektifitas adsorpsi komposit pada *methylene blue* ketika sebelum dan setelah diberikan pasir bentonit.

#### Alat dan Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelepah pisang, kitosan komersial, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HCl, NaOH, dan pasir bentonit. Peralatan utama yang digunakan dalam hal ini penelitian adalah peralatan gelas beker,

grinder, timbangan digital, *magnetic stirrer*, loyang aluminium, oven pengering, Spektrofotometer UV-Vis, dan Spektrofotometer FTIR.

#### Preparasi $\alpha$ -selulosa

Pelepah pisang yang didapatkan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam hingga berwarna hijau kecoklatan. Setelah didapatkan pelepah kering, selanjutnya dihaluskan hingga menjadi serbuk menggunakan grinder yang selanjutnya disebut sebagai Serbuk Pelepah Pisang (SPP). SPP dilakukan *treatment* delignifikasi dengan menggunakan NaOH 17,5% dengan perbandingan massa dan volume 1:15 serta dilakukan *treatment bleaching* menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% dengan perbandingan massa dan volume 1:20, yang dibantu proses pengadukan pada suhu 60°C dan kecepatan 400 rpm selama 1 jam. Hasil proses preparasi  $\alpha$ -selulosa disebut sebagai SPP B.

#### Modifikasi $\alpha$ -selulosa

Demi meningkatkan sensitivitas daya adsorpsi,  $\alpha$ -selulosa dimodifikasi dengan *activating agent* berupa 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan perbandingan antara SPP B dengan kedua bahan kimia tersebut adalah 1:10. Proses modifikasi dilakukan dengan proses pengadukan antara SPP dengan senyawa modifikasi selama 30 menit dalam kecepatan 400 rpm. Residu hasil penyaringan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C dengan durasi 2 jam. Hasil proses modifikasi  $\alpha$ -selulosa disebut sebagai SPP C.

#### Pembuatan Biosorben Dari Selulosa dan Kitosan

Proses pembuatan biosorben dilakukan dengan mencampurkan 1% asam asetat dengan kitosan dengan perbandingan massa dan volume 1:50 yang selanjutnya diaduk selama 3 jam hingga didapatkan larutan yang menyerupai gel kental.  $\alpha$ -selulosa hasil modifikasi dilarutkan dalam campuran 1% asam asetat dengan kitosan yang selanjutnya diaduk selama 3 jam. Proses pengadukan dilanjutkan dengan pengeringan komposit dengan oven pengering pada suhu 120°C selama 2 jam. Lembaran kering hasil pengeringan dicelupkan dalam 2M NaOH selama 12 jam lalu disaring dan dikeringkan kembali dengan kondisi yang sama. Pembuatan biosorben menghasilkan dua sampel, diantaranya: 1). Bioadsorbent murni (SPP D), dan 2). Bioadsorbent dicampur *Bentonite Clay* (SPP D + B).

#### Proses Adsorpsi.

*Methylene Blue* digunakan sebagai adsorbat yang bersifat kationik untuk percobaan adsorpsi. Sebanyak 1 gram adsorben dilarutkan dalam 20 mL *methylene blue* dan diaduk hingga homogen selama 1 jam dan kecepatan 400 rpm, lalu didiamkan selama 24 jam demi mendapatkan adsorben dalam keadaan jenuh. Hingga didapatkan larutan jenuh, pisahkan adsorben terlarut dengan adsorbat dengan menyaring menggunakan kertas saring jenis *whatman*. Selanjutnya, adsorben dioven demi menghilangkan kandungan air menggunakan *drying oven* selama 2 jam pada suhu 120°C. Dalam percobaan adsorpsi diamati beberapa perlakuan, diantaranya pengaruh penambahan bentonit terhadap efektifitas adsorpsi *methylene blue*, variasi konsentrasi adsorbat 40, 60, 80, 100, dan 120 ppm dengan pH adsorpsi 6. Konsentrasi *methylene blue* dalam penelitian ini semuanya direkam oleh spektroskopi UV-Vis dan spektroskopi FTIR. Berdasarkan penelitian dari Wu *et al*: 2022, Kapasitas adsorpsi berbanding lurus dengan kesetimbangan,  $q_e$  (mg/g) dikalkulasikan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m_{\text{adsorben}}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

$Q_e$  = Kapasitas Adsorpsi Equilibrium (mg/g)

$C_0$  = Konsentrasi Awal (ppm)

$C_e$  = Konsentrasi Akhir (ppm)

$V$  = Volume Larutan (mL)

$m_{\text{adsorben}}$  = Massa Adsorben (gr)

#### Hasil dan Pembahasan

##### Pengaruh Konsentrasi NaOH

Menurut Kurniaty, *et al* (2017), penggunaan larutan basa atau alkali *pretreatment* seperti NaOH dapat digunakan untuk membantu pemisahan lignin dari serat selulosa, demi menghasilkan kondisi selulosa dengan kondisi optimum yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan komposit biosorben. Pemutusan lignin dari kompleks selulosa dapat membuka pori-pori selulosa yang mengandung gugus OH<sup>-</sup>. Hasil proses delignifikasi akan menghasilkan SPP yang berwarna coklat.

##### Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Proses pemutihan (*bleaching*) merupakan proses kimia yang bertujuan menghilangkan sisa lignin yang ada dalam selulosa. *Bleaching agent* yang digunakan dalam penelitian ini adalah H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Menurut penelitian oleh Lestari & Sari (2016), Hidrogen peroksida dalam air akan terurai menjadi H<sup>+</sup> dan OOH<sup>-</sup> yang berperan sebagai reduktor lignin ramah

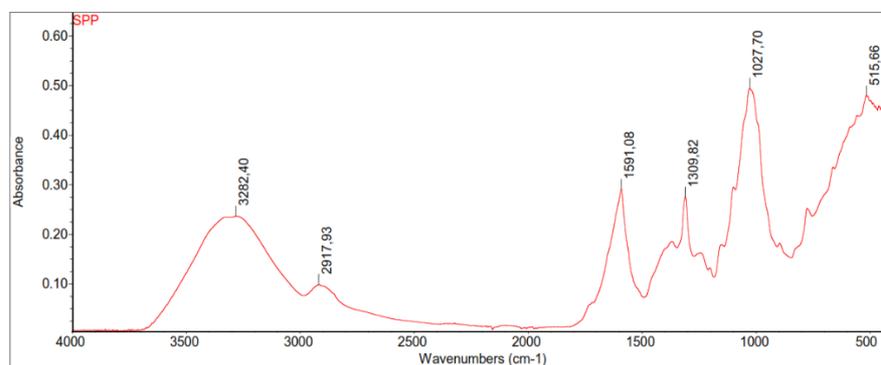
lingkungan. Reaksi pemutihan akan berlangsung efektif pada suasana basa, yaitu diantara pH 8 – 12. Semakin basa larutan yang digunakan, maka semakin banyak jumlah gugus OOH<sup>-</sup> yang terbentuk. Reaksi pembentukan gugus anion dengan gugus kromofom pada lignin berlangsung dalam keadaan cepat.



Dikomparasikan berdasarkan penelitian dari Riama, *et al* (2012), proses pemutihan mengakibatkan penurunan massa perolehan selulosa setiap terjadi kenaikan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Hal tersebut terjadi akibat adanya pembentukan *pulp* yang terhidrolisis bersama larutan. Semakin besar konsentrasi larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, maka semakin banyak pulp yang terhidrolisis bersama larutan, sehingga massa yang diperoleh semakin sedikit.

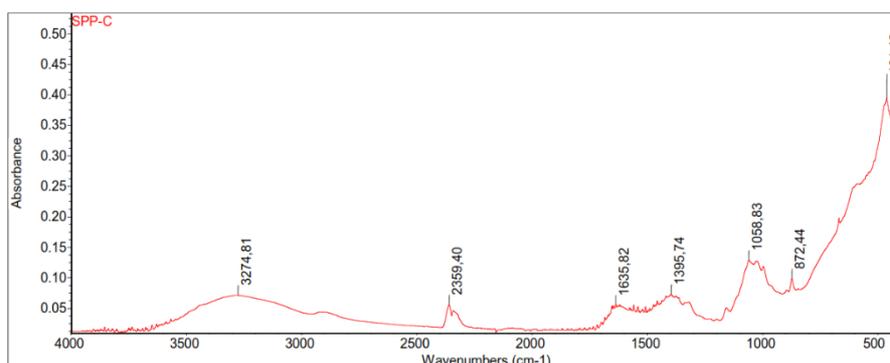
### Karakterisasi Biosorben.

Demi memahami struktur serta ikatan kimia dalam pelepah pisang murni, dilakukan analisis Spektra-IR yang didominasi oleh enam ikatan utama yang ditunjukkan oleh *peak* atau puncak IR. Berdasarkan hasil uji analisis FTIR tersebut, pada kisaran 2500 – 3500 cm<sup>-1</sup> memiliki permukaan luas yang diikuti dengan peningkatan intensitas adsorpsi yang menunjukkan adanya gugus OH<sup>-</sup> yang berperan sebagai senyawa basa. Menurut Putri, *et al* (2018), Adanya gugus hidroksil dalam monomer dari selulosa, memungkinkan terjadinya reaksi untuk melekatkan suatu gugus yang mengandung ion aktif sehingga terjadinya penukaran kation. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan biosorben tersebut memiliki potensi penyerapan limbah *methylene blue*.



Gambar 1. Spektra Uji Analisa FTIR Terhadap SPP

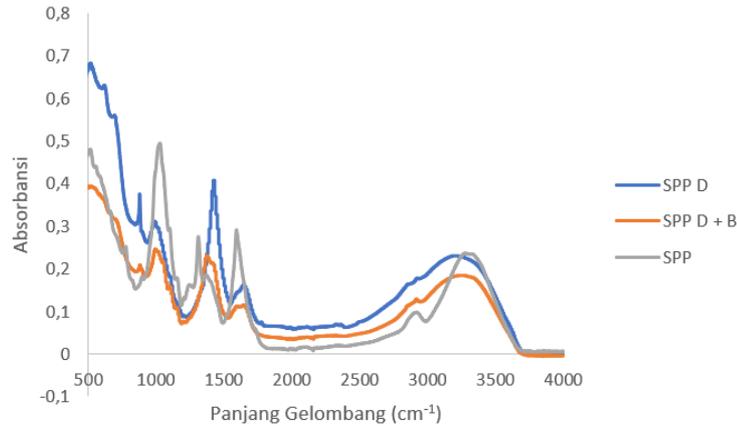
Hasil modifikasi selulosa dengan penguatan menggunakan *activating agent* yang diformulasikan bersama kitosan selanjutnya diuji menggunakan FTIR, didapatkan spektra yang menunjukkan terjadinya penguatan daya adsorpsi yang lebih kuat dibandingkan tanpa penambahan *activating agent*, selanjutnya disebut dengan SPP C.



Gambar 2. Spektra Uji Analisa FTIR Terhadap SPP C

Untuk menguji performa proses adsorpsi, SPP C diformulasikan menjadi dua spesimen, diantaranya: 1). SPP C + Kitosan, 2). SPP C + Kitosan + Bentonite. Kedua spesimen tersebut masing-masing disebut dengan SPP D dan SPP D + B. Demi mengetahui perbandingan diantara keduanya, maka dilakukan pengujian keduanya dengan FTIR. Spektra

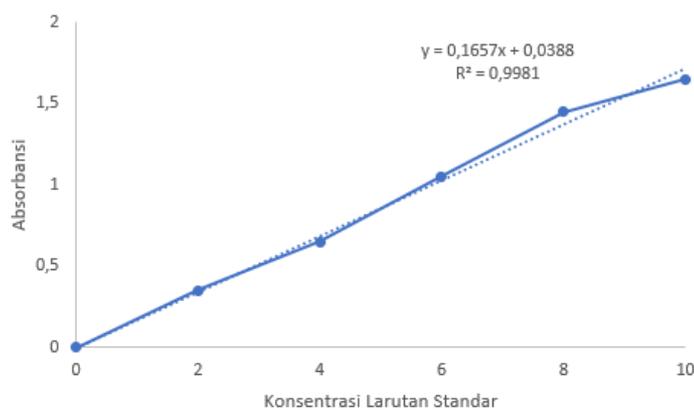
FTIR di bawah menunjukkan bahwa penambahan Pasir Bentonit tidak memberikan pengaruh yang signifikan antara daya adsorpsi SPP D dengan SPP D + B. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan analisis FTIR yang menunjukkan bahwa pada panjang gelombang 3000 – 3500 cm<sup>-1</sup> hanya terdapat sedikit perbedaan nilai absorbansi yang menentukan daya serapan *methylene blue*.



**Gambar 3.** Perbandingan Spektra Uji Analisa UV-Vis Terhadap Biosorben

#### Pengaruh Konsentrasi MB Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Demi mengetahui perbandingan efektivitas bioadsorbent berbahan dasar pelepah pisang maka dilakukan pengujian adsorpsi dengan melarutkan bioadsorbent berupa serbuk pelepah pisang murni SPP, SPP D, serta SPP D + B terhadap larutan *methylene blue*. Adsorbat cair diuji menggunakan analisis Spektrofotometri UV-Vis demi mengetahui konsentrasi *methylene blue* akhir setelah proses adsorpsi. Pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan mengukur nilai absorbansi larutan sampel pada konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, dan 10 ppm pada panjang gelombang maksimum yaitu 700 nm.



**Gambar 4.** Kurva Kalibrasi *Methylene Blue*

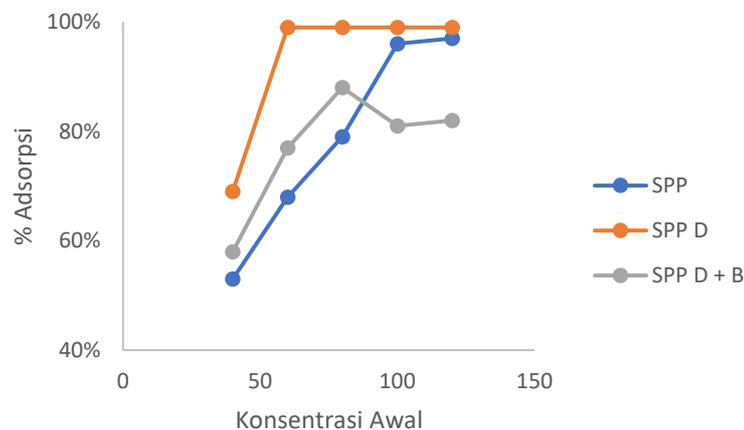
Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai absorbansi meningkat secara linear terhadap perubahan konsentrasi *methylene blue*. Didapatkan persamaan kurva kalibrasi dengan  $y = 0.1657x + 0.0388$ . Persamaan tersebut dapat dihitung dengan mensubstitusi nilai absorbansi sampel terhadap nilai  $y$ , sehingga diperoleh nilai  $x$  yang merupakan konsentrasi sampel yang dianalisis. Dengan melarutkan serbuk pelepah pisang murni terhadap *methylene blue*, didapatkan data konsentrasi adsorbat sebagaimana disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Adsorpsi SPP Terhadap *Methylene Blue*

| No  | Massa Adsorbent (gr) | Volume MB (mL) | Konsentrasi MB Awal (ppm) | Absorbansi | Konsentrasi MB Akhir (ppm) | % Adsorpsi | Qe (mg/g) |
|-----|----------------------|----------------|---------------------------|------------|----------------------------|------------|-----------|
| SPP |                      |                |                           |            |                            |            |           |

| No        | Massa Adsorbent (gr) | Volume MB (mL) | Konsentrasi MB Awal (ppm) | Absorbansi | Konsentrasi MB Akhir (ppm) | % Adsorpsi | Qe (mg/g) |
|-----------|----------------------|----------------|---------------------------|------------|----------------------------|------------|-----------|
| 1         | 1                    | 20             | 40                        | 3,103      | 18,7                       | 53%        | 0,426     |
| 2         | 1                    | 20             | 60                        | 3,147      | 18,9                       | 68%        | 0,822     |
| 3         | 1                    | 20             | 80                        | 2,836      | 17,1                       | 79%        | 1,258     |
| 4         | 1                    | 20             | 100                       | 0,601      | 3,6                        | 96%        | 1,928     |
| 5         | 1                    | 20             | 120                       | 0,541      | 3,2                        | 97%        | 2,336     |
| SPP D     |                      |                |                           |            |                            |            |           |
| 1         | 1                    | 20             | 40                        | 2,061      | 12,4                       | 69%        | 0,552     |
| 2         | 1                    | 20             | 60                        | 0,083      | 0,5                        | 99%        | 1,19      |
| 3         | 1                    | 20             | 80                        | 0,124      | 0,7                        | 99%        | 1,586     |
| 4         | 1                    | 20             | 100                       | 0,211      | 1,2                        | 99%        | 1,976     |
| 5         | 1                    | 20             | 120                       | 0,217      | 1,3                        | 99%        | 2,374     |
| SPP D + B |                      |                |                           |            |                            |            |           |
| 1         | 1                    | 20             | 40                        | 2,801      | 16,9                       | 58%        | 0,462     |
| 2         | 1                    | 20             | 60                        | 2,304      | 13,9                       | 77%        | 0,922     |
| 3         | 1                    | 20             | 80                        | 1,597      | 9,6                        | 88%        | 1,408     |
| 4         | 1                    | 20             | 100                       | 3,102      | 18,7                       | 81%        | 1,626     |
| 5         | 1                    | 20             | 120                       | 3,628      | 21,8                       | 82%        | 1,964     |

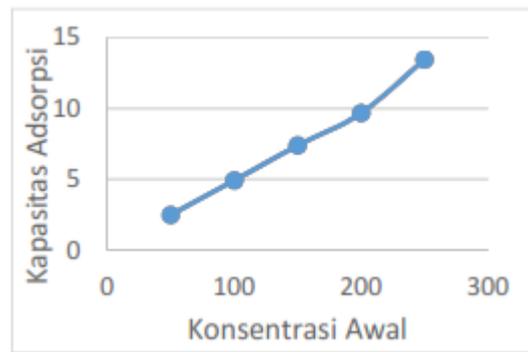
Ketiga perbedaan sampel tersebut terhadap variasi konsentrasi dapat diilustrasikan dalam grafik yang disajikan dalam Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi vs % Adsorpsi

Dalam grafik yang disajikan dalam Gambar 5, didapatkan bahwa kurva SPP D menunjukkan kenaikan kurva % adsorpsi pada konsentrasi 40 ppm, yang selanjutnya relatif stabil. Ditinjau dari hasil proses adsorpsi pada Gambar 5 didapatkan pengurangan konsentrasi signifikan berada pada SPP D. Proses adsorpsi dapat berjalan optimal apabila serbuk pelepah pisang dimodifikasi dengan bahan *activating agent* tanpa penambahan bentonit. Penambahan bentonit akan menghambat pori-pori penyerapan pada konsentrasi tinggi, sehingga akan menurunkan daya adsorpsi secara fluktuatif.

Sebagai langkah penyesuaian, dilakukan komparasi terhadap hasil penelitian penulis terhadap hasil penelitian penulis lainnya. Berdasarkan penelitian oleh Ilmi, *et al* (2017), didapatkan data bahwa kapasitas adsorpsi akan meningkat seiring peningkatan konsentrasi *methylene blue*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besarnya konsentrasi mula-mula maka nilai kapasitas adsorpsi menjadi semakin besar, disajikan dalam Gambar 6. Hasil yang didapatkan secara teoritis, dimana nilai *driving force* pada konsentrasi awal akan memberikan gaya dorong yang memungkinkan untuk menembus resistansi transfer massa *methylene blue* antara fasa cair dan padat. Naiknya *driving force* pada konsentrasi awal akan menghasilkan kapasitas adsorpsi yang semakin besar seiring kenaikan konsentrasi.



**Gambar 6.** Grafik Kapasitas Adsorpsi vs Konsentrasi Awal (Ilmi, *et al.*: 2017)

Turut dilakukan komparasi berdasarkan pengujian menggunakan biomassa jenis lainnya yang dikutip berdasarkan penelitian oleh beberapa penulis pada tahun 2003 – 2006, disajikan dalam Tabel 2. Hal tersebut menunjukkan bahwa beberapa biomassa selain pelepah pisang mampu dikembangkan menjadi biosorben untuk dijadikan sebagai penjerap *methylene blue*.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Adsorpsi Limbah *Methylene Blue* Menggunakan Biomassa Lain

| Biosorben                                | Q <sub>e</sub> max (mg/g) | Referensi      |
|--|---------------------------|----------------|
| Pelepah Pisang Termodifikasi             | 2,374                     | Penelitian Ini |
| Pelepah Pisang Termodifikasi + Bentonite | 1,964                     | Penelitian Ini |
| Polisakarida Termodifikasi               | 48                        | 10             |
| Bubuk Kernel Biji Mangga                 | 142,86                    | 7              |
| Kulit Gandum                             | 21,50                     | 8              |
| Serbuk Daun Nimba                        | 8,76                      | 2              |
| Karbon Serat Goni                        | 22,5                      | 12             |
| Sekam Padi                               | 40,58                     | 14             |
| Rumput Bebek Raksasa                     | 144,93                    | 15             |
| Date Pit                                 | 80,3                      | 1              |
| Serat Wol (Wol Domba)                    | 94,3%                     | 6              |
| Serat Kapas                              | 97%                       |                |

## Kesimpulan

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan komposit berbahan dasar selulosa yang disintesis dari pelepah pisang dengan kitosan komersial. Berdasarkan uji analisis Spektra-FTIR terhadap pelepah pisang, didapatkan intensitas serapan cukup tinggi diantara *range* 3000 – 3700 cm<sup>-1</sup> yang memiliki potensi untuk dapat dikembangkan menjadi Biosorben. Perancangan komposit dilakukan dengan modifikasi pelepah pisang bersama bahan kimia yang mampu meningkatkan daya adsorpsi terhadap limbah berupa *methylene blue*. Komposit yang berperan sebagai Biosorben diujikan pada larutan *methylene blue* dalam variasi konsentrasi 40, 60, 80, 100, 120 ppm. Hasil pengujian Biosorben mampu menyerap limbah *methylene blue* sehingga dapat mereduksi kadar *methylene blue* menjadi lebih rendah. Ditinjau dari hasil proses dapat diambil kesimpulan proses adsorpsi dapat berjalan optimal apabila serbuk pelepah pisang dimodifikasi dengan bahan *activating agent* tanpa penambahan bentonit, karena penambahan pasir bentonit akan menghasilkan data yang fluktuatif seiring peningkatan konsentrasi.

## Daftar Pustaka

- Banat F., Al-asheh S. and Al-makhadmeh L.E, Valuation of The Use of Raw and Activated Date Pits as Potential Adsorbents for Dye Containing Waters, *Process Biochem.* 2003; 39: 193–202.
- Bhattacharyya K.G. and Sharma A., Kinetics and Thermodynamics of Methylene Blue Adsorption on Neem (*Azadirachta Indica*) Leaf Powder, *Dye. Pigment.* 2005; 65: 51– 59.
- Bulut Y. and Ayd H.A., Kinetics and Thermodynamics Study of Methylene Blue Adsorption on Wheat Shells, *Desalination.* 2006; 194: 259–267.
- Haji, A. T. S., Sulianto, A.A., Miranda, F. Uji Kemampuan Membran Komposit Kitosan-Selulosa Terhadap



- Penurunan Kadar Kromonium Pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. 2020; 7 (1): 18 – 27.
- Ilmi, M., M., Khoiroh, N., Firmansyah, T., B., Santoso, E. Optimasi Penggunaan Bioadsorbent Berbasis Biomassa: Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia Crossipes*) Untuk Meningkatkan Kualitas Air. *Jurnal Teknik Mesin*. 2017; 6 (2): 129 – 136.
- Khan A., Tahir H., Uddin F. and Hameed U., Adsorption of Methylene Blue from Aqueous Solution on The Surface of Wool Fiber and Cotton Fiber, *J. Appl. Sci. Environ. Mgt.* 2005; 9(2): 29–35.
- Kumar K.V. and Kumaran A., Removal of Methylene Blue by Mango Seed Kernel Powder, *Biochem. Eng. J.* 2005; 27: 83– 93.
- Kurniaty, I., Habibah, U., Yustiana, D., Fajriah, I. Proses Delignifikasi Menggunakan NaOH dan Amonia (NH<sub>3</sub>) Pada Tempurung Kelapa. *Jurnal Integrasi Proses*. 2017; 6 (4): 197 – 201.
- Lestari, R., S., D., Sari, D., K. Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Terhadap Tingkat Kecerahan Pulp Dengan Bahan Baku Eceng Gondok Melalui Proses Organosolv. *Jurnal Integrasi Proses*. 2016; 6 (1): 45 – 49.
- Paulino A.T. et al., Removal of Methylene Blue Dye From an Aqueous Media Using Superabsorbent Hydrogel Supported on Modified Polysaccharide, *J. Colloid Interface Sci.* 2006; 301: 55–62.
- Putri, F., A., Hamadi, N., F., Lestari, A., Y., D., Sahid, A., C., M., Mutiara, T. Potential of Modified Corn Cob (*Zea mays L.*) and Petai Hull (*Parkia hassk*) as New Biosorbent for Removal of Lead Waste. *Key Engineering Materials*. 2018; 783: 126 – 131.
- Senthilkumaar S., Varadarajan P.R., Porkodi K. and Subbhuraam C.V., Adsorption of Methylene Blue onto Jute Fiber Carbon : Kinetics And Equilibrium Studies, *j. Colloid. Interface Sci.* 2005; 284: 78–82.
- Riama, G., Veranika, A., Prasetyowati. Pengaruh H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Konsentrasi NaOH dan Waktu Terhadap Derajat Putih Pulp Dari Mahkota Nanas. *Jurnal Teknik Kimia*. 2012; 18 (3): 25 – 33.
- Vadivelan V. and Kumar K.V., Equilibrium, Kinetics, Mechanism and Process Design for The Sorption of Methylene Blue onto Rice Husk, *j. Colloid. Interface Sci.* 2005; 286: 90–100.
- Waranusantigul P., Pokethitiyook P., Kruatrachue M. and Upatham E.S., Kinetics of Basic Dye (Methylene Blue) Biosorption by Giant Duckweed (*Spirodela Polyrrhiza*), *Environ. Pollut.* 2003; 125: 385–392.
- Wu, J., Dong, Z., Li, X., et al. (2022). Constructing Acid-Resistant Chitosan/Cellulose Nanofibrils Composite Membrane For The Adsorption Of Methylene Blue. *Fujian University of Technology, Fujian, China & Hezhou University, Guangxi, China*.