

Studi Perbandingan Kinerja Serbuk dan Arang Biji Salak Pondoh (*Salacca zalacca*) pada Adsorpsi Metilen Biru

Dwi I. Hikmawati

Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun, Jl. Auri 14-16 Madiun 63118

*Penulis korespondensi: di.hikmawati@unipma.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24198/cna.v6.n2.18478>

Abstrak: Pembuatan adsorben dengan memanfaatkan limbah biomassa terus dilakukan dalam rangka memperoleh material alternatif yang memiliki efektifitas tinggi. Adsorben seharusnya dibuat dari material yang mudah diperoleh, proses pembuatan mudah, ramah lingkungan, biaya operasional rendah, dan dapat diperbarui. Dalam penelitian ini, adsorben berbasis biomassa berhasil dibuat dengan dua variasi, yaitu serbuk biji (SSzM) dan arang biji (SSzC) salak pondoh (*Salacca zalacca*). Masing-masing adsorben dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di permukaan padatan. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa SSzM dan SSzC memiliki kemiripan serapan dengan beberapa pergeseran bilangan gelombang dan perbedaan intensitas puncak. Kinerja adsorben diuji untuk adsorpsi larutan metilen biru (MB) melalui sistem *batch* pada suhu ambien (30°C) tanpa pengukuran pH dengan kecepatan pengadukan 700 rpm. Sistem dikerjakan dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi awal larutan MB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua material dapat mengadsorpsi MB dengan baik. Secara keseluruhan aktivitas adsorpsi SSzC lebih tinggi daripada SSzM. Kapasitas adsorpsi terbesar pada kedua adsorben diperoleh pada konsentrasi awal metilen biru 100 ppm, yaitu sebesar 4,895 mg/g oleh adsorben SSzM dan 4,924 mg/g oleh adsorben SSzC dan efisiensi adsorpsi berturut-turut sebesar 97,90% dan 98,48 % dari 50 mL larutan MB 100 ppm selama waktu kontak 30 menit.

Kata kunci: adsorben, serbuk biji salak, arang biji salak, metilen biru

Abstract: Development of biomass waste for alternative adsorbent with low cost, high effectiveness, and easy obtaining raw materials has been studied. In this work, the feasibility of using the modified (SSzC) and unmodified (SSzM) *Salacca zalacca* seeds powder investigated as a novel of low-cost adsorbent. They were characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) to obtain information of functional groups on material surface. The result demonstrated that SSzM and SSzC has similarity of spectra with several wave number shift and disparity of peak intensity. Performance both of adsorbents were examined to remove methylene blue (MB) from aqueous solutions. The processes were conducted in a batch system at ambient temperature (30°C) with 700 rpm of agitating speed. Adsorption feasibility both SSzM and SSzC were carried out as a function of experimental parameters condition such as variated contact time and initial MB concentration. The experimental result showed that both SSzM and SSzC have good performance of MB in all experiment, SSzC showed higher adsorption capacity than SSzM. The result showed that 1 g of SSzM was found to remove 97.90% of 50 mL methylene blue 100 ppm, while SSzC gave absorption efficiency was about 98.48% at the same condition. Adsorption capacity of SSzM and SSzC were evaluated and found to be 4,895 mg/g and 4.924 mg/g, respectively.

Keywords: adsorbent, *Salacca zalacca* seed powder, *Salacca zalacca* seed charcoal, methylene blue

PENDAHULUAN

Berbagai industri seperti industri percetakan, kulit, kertas, dan tektilmenggunakan zat warna dalam jumlah besar dan beraneka ragam jenisnya. Selama proses produksi, zat warna digunakan bersama bahan kimia lainnya dengan banyak air (Ghaly *et al.* 2014). Zat warna umumnya memiliki kelarutan yang sangat baik dalam pelarut yang digunakan, sehingga seringkali ditemukan dalam limbah cair yang

dikeluarkan oleh industri tersebut dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Keberadaan limbah cair dalam perairan dapat menghalangi sinar matahari menembus lingkungan akuatik, sehingga mengganggu proses biologis yang terjadi di dalamnya (Krim dkk. 2006).

Dalam industri tekstil, metilen biru merupakan salah satu zat warna yang sering digunakan pada kain, kayu, kapas, dan sutra (Hameed *et al.* 2007). Dalam proses pewarnaan jumlah metilen biru yang

terikat pada produk hanya sekitar 5% dan 95% sisanya terbuang sebagai limbah zat pewarna (Gürses *et al.* 2004). Metilen biru sesungguhnya bukan material berbahaya, akan tetapi layaknya zat kimia lainnya, pada dosis tinggi dapat menyebabkan peningkatan detak jantung, mual, muntah, sianosis, ikterus, tetraplegia/quadriplegia, dan nekrosis (Kumar *et al.* 2011). Metilen biru juga dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan apabila tertelan dan iritasi pada kulit apabila tersentuh (Hamdaoui & Chiha, 2006). Oleh karena itu, konsentrasi maksimum metilen biru yang diperbolehkan di lingkungan relatif rendah, yaitu 5-10 mg/L.

Penanganan pencemaran lingkungan oleh zat warna pada limbah cair industri ini bukanlah fenomena baru. Namun, permasalahannya belum dapat terselesaikan hingga saat ini. Keberadaan polutan zat warna dalam limbah cair memang menjadi perhatian khusus para peneliti. Hal ini disebabkan oleh sifat zat warna sendiri yang dapat membahayakan makhluk hidup dan merusak keindahan lingkungan (Ghaly *et al.* 2014). Dari berbagai teknik yang diterapkan untuk limbah cair, adsorpsi merupakan teknologi yang paling cocok karena sederhana dan mudah untuk diaplikasikan. Adsorpsi yang paling sering dilakukan menggunakan karbon aktif sebagai adsorben. Penggunaan karbon aktif memang cukup memuaskan karena memiliki efektivitas penyerapan yang baik untuk logam berat maupun senyawa organik (Gupta & Suhas 2009; Salleh *et al.* 2011). Kelemahan penggunaan adsorben karbon aktif adalah biaya operasional dan regenerasi yang relatif lebih mahal.

Teknologi pembuatan adsorben yang murah, dengan memanfaatkan bahan alam, biosorben, dan material dari limbah pertanian atau perkebunan diusulkan sebagai bahan dasar alternatif. Material tersebut melimpah dan tidak membutuhkan perlakuan yang mahal dan rumit serta dapat digunakan untuk menjerap zat warna dari larutan (Han *et al.* 2010). Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam penggunaan adsorben berbasis limbah pada adsorpsi metilen biru diantaranya biji pepaya (Hameed 2009), kulit bawang putih (Hameed & Ahmad 2009), ampas jeruk (*Citrus sinensis*) (Bhatti *et al.* 2012), kulit telur (Podstawczyk *et al.* 2014), kulit sukun (Chieng *et al.* 2015), senyawa xanthan pulpa kopi (Hadayani dkk. 2015), dan biji melon teraktivasi formaldehida (Giwa *et al.* 2015). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah biomassa dapat digunakan sebagai adsorben.

Di Indonesia tanaman Salak (*Salacca zalacca*) dapat tumbuh dengan subur dan merupakan salah satu tanaman buah unggul asli Indonesia. Salak memiliki beragam varietas, salah satunya adalah salak pondoh. Daging buah salak banyak digemari masyarakat, baik dimakan secara langsung, maupun diolah menjadi manisan, asinan (Kusuma dkk. 1995 dalam Suskendriyati dkk. 2000), jus, buah kaleng,

dan selai. Aktivitas ini dapat meninggalkan biji salak sebagai limbah padat karena dianggap tidak bermanfaat, sehingga biji salak dibuang begitu saja. Biji salak memiliki tekstur yang keras dan tidak mudah hancur, sehingga studi tentang pemanfaatan biji salak masih sangat jarang (Pongenda dkk. 2015) Seperti biji yang lain, biji salak mengandung gugus-gugus penting seperti hidroksil, karboksil, amida, dan lainnya yang mungkin berperan dalam penyerapan polutan.

Kemampuan biji salak sebagai adsorben melalui dan tanpa modifikasi telah dilaporkan. Aji & Kurniawan (2012) melaporkan biji salak sebagai adsorben ion logam kromium (VI). Hasil penelitian menunjukkan kapasitas adsorpsi sebesar 37,7% selama waktu kontak optimum 60 menit dengan 2 g adsorben dalam 40 mL larutan kromium (VI) 15 ppm. Selain itu, serbuk biji salak juga dilaporkan sebagai biosorben dalam memperbaiki kualitas minyak goreng bekas. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum biosorben biji salak diperoleh pada berat 20 g dan waktu perendaman dua minggu. Uji kapasitas adsorpsi diukur berdasarkan penurunan kadar total kolesterol, trigliserida, MDA dan LDL (Girsang dkk. 2015). Modifikasi biji salak menjadi biocharcoal dilaporkan oleh Pongenda dkk. (2015). Biocharcoal digunakan sebagai adsorben untuk ion logam kromium (IV). Efisiensi adsorpsi mencapai 99,6% selama waktu 60 menit dengan 80 mg adsorben dan 25 mL larutan kromium 100 ppm dengan pH 3.

Penelitian tentang pemanfaatan biji salak sebagai adsorben untuk zat warna belum dilaporkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipelajari kemampuan biji salak pondoh sebagai adsorben melalui dua variasi perlakuan, serbuk biji salak dan arang biji salak. Pada penelitian ini metilen biru dipilih sebagai model senyawa untuk mengevaluasi kinerja adsorben. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja dari kedua adsorben biji salak pondoh termodifikasi dan tidak melalui parameter operasi waktu kontak dan konsentrasi awal larutan melalui metode batch. Karakterisasi gugus fungsi yang terdapat pada permukaan adsorben dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy* (FTIR).

BAHAN DAN METODE

Alat

Peralatan yang digunakan adalah blender, neraca analitik, oven, *magnetic stirrer*, termometer, Spektronik UV-Vis Genesys 10S, erlenmeyer; labu takar, corong kaca, botol kaca, pipet ukur, dan pipet tetes.

Bahan yang digunakan

Bahan utama yang diperlukan adalah biji salak pondoh dikumpulkan dari kawasan Candipuro, Lumajang, Jawa Timur. Metilen biru dari Merck dengan grade teknis digunakan sebagai model larutan

limbah. Aquadest dan metanol 99% Merck dengan grade P.A berturut-turut digunakan sebagai agen pencuci adsorben.

Preparasi Adsorben Serbuk Biji Salak

Biji salak pondoh dibersihkan dari kotoran dan dicuci dengan air kran sampai bersih, kemudian dikeringkan dengan cara diangin-angin. Biji salak kering dipotong-potong lebih kecil dan dicuci kembali dengan air kran, lalu dikeringkan pada suhu 65°C sampai kering, kemudian diserbukkan menggunakan blender. Serbuk biji salak dicuci dengan aquades selama 12 jam sebanyak 3 kali, dilanjutkan dengan metanol sebanyak 2 kali selama 12 jam, dan setiap kali pergantian pelarut dikeringkan pada suhu 65°C. Serbuk biji salak kering diayak dengan ukuran ≤ 40 mesh, dan siap digunakan. Selanjutnya, adsorben ini disebut dengan SSzM.

Preparasi Adsorben Arang Biji Salak

Biji salak pondoh yang sudah bersih disangrai selama 1,5 jam, ditumbuk kasar, lalu diblender hingga halus. Selanjutnya biji salak dicuci dengan aquades selama 12 jam sebanyak 3 kali, dilanjutkan dengan metanol sebanyak 2 kali selama 12 jam, dan setiap kali pergantian pelarut dikeringkan pada suhu 65°C. Arang biji salak kering diayak dengan ukuran ≤ 40 mesh, dan siap digunakan. Selanjutnya, adsorben ini disebut dengan SSzC.

Karakterisasi Adsorben

Adsorben yang berhasil diperoleh dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra red Spectroscopy (FTIR)* untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada permukaan adsorben. Proses karakterisasi menggunakan metode standar pada panjang gelombang 450-4000 cm^{-1} .

Studi Adsorpsi larutan Metilen Biru

Studi *bath* dikerjakan dalam botol kaca 100 mL pada suhu ambient menggunakan *stirrer hotplate* dengan kecepatan pengadukan 700 rpm pada 1 gram adsorben dan 50 mL larutan MB dengan konsentrasi yang ditentukan pada suhu ambient.

Pengaruh Variasi Waktu Kontak

Masing-masing 1 gram adsorben SSzM dimasukkan ke dalam 4 botol reaksi yang berbeda, lalu ditambahkan 50 mL larutan MB 50 ppm. Masing-masing campuran diaduk dengan variasi waktu kontak selama 15, 30, 45, dan 60 menit. Kemudian, campuran disaring. Konsentrasi MB pada filtrat dianalisa menggunakan Spektronik UV-Vis *Genesys 10S*. Perlakuan yang sama diberikan untuk adsorben SSzC.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal Metilen Biru

Masing-masing 1 gram adsorben SSzM dimasukkan ke dalam 3 botol reaksi yang berbeda, lalu ditambahkan 50 mL larutan MB dengan variasi

konsentrasi 25, 50, dan 100 ppm. Campuran diaduk selama 30 menit, kemudian disaring. Konsentrasi MB pada filtrat dianalisa menggunakan Spektronik UV-Vis *Genesys 10S*. Perlakuan yang sama diberikan untuk adsorben SSzC.

Konsentrasi MB bisa dalam filtrat dianalisa menggunakan Spektronik UV-Vis *Genesys 10S* pada panjang gelombang 664 nm dengan cara standar kalibrasi. Kurva kalibrasi diukur menggunakan larutan MB dengan variasi konsentrasi 0-5 ppm. Filtrat MB setelah adsorpsi dianalisis menggunakan spektrofotometer *single beam* UV/Vis pada panjang gelombang 664 nm. Persentase pengurangan MB dan kapasitas adsorpsi MB dihitung berdasarkan persamaan (1) dan (2).

$$\% \text{Pengurangan MB} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\% \quad \dots (1)$$

dimana C_i adalah konsentrasi MB awal, dan C_f adalah konsentrasi MB akhir.

$$Q_e = \frac{(C_i - C_f)V}{W} \quad \dots (2)$$

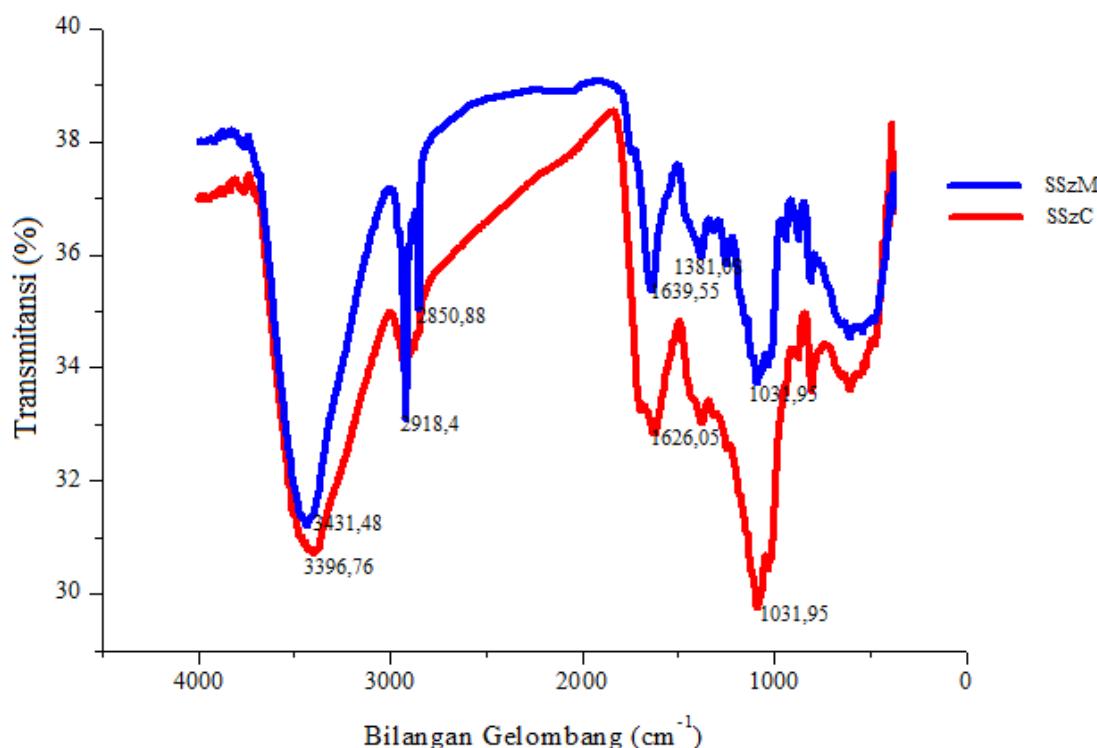
dengan Q_e adalah jumlah MB yang diadsorpsi (mg/g), W massa adsorben (g), V adalah volume larutan (L), C_i adalah konsentrasi awal larutan MB, dan C_f adalah konsentrasi akhir larutan MB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi FTIR

Pada proses adsorpsi senyawa organik, karakteristik gugus fungsi adsorben merupakan alat yang penting untuk diidentifikasi. Karakterisasi FTIR berfungsi untuk menentukan gugus fungsi khas adsorben. Dalam penelitian ini, analisa kandungan gugus fungsi SSzM dan SSzC dengan FTIR dilakukan pada panjang gelombang 450-4500 cm^{-1} . Spektra FTIR SSzM dan SSzC digunakan untuk menentukan perubahan frekuensi vibrasi gugus fungsi yang terkandung pada permukaan material. Gambar 1 menunjukkan spektra FTIR adsorben SSzM yang ditunjukkan dengan warna merah dan SSzC yang ditunjukkan dengan warna biru.

Seperi ditunjukkan pada Gambar 1, spektra FTIR adsorben SSzM dan SSzC memiliki puncak serapan pada bilangan gelombang yang hampir sama. Pada spektra SSzM menunjukkan adanya pita serapan khas pada bilangan gelombang 3431,48; 2918,4; 2850,88; 1743,71; 1639,55; 1087,89; 939,36; 806,27 cm^{-1} . Puncak serapan tajam dan melebar yang muncul pada 3431,48 cm^{-1} menunjukkan terdapatnya gugus hidroksil bebas. Pada SSzM terdapat dua puncak tajam pada daerah 2850,88 dan 2918,4 yang diprediksi merupakan vibrasi ulur C-H alifatik yang menunjukkan terdapatnya alkana. Puncak yang muncul pada daerah 1743,71–1639,55 cm^{-1} merujuk pada vibrasi gugus $\text{C}=\text{O}$ yang terdapat pada



Gambar 1. Spektra Hasil Karakterisasi Fourier transform Infra Red (FTIR) Adsorben SSzM (spektrum biru) dan SSzC (spektrum merah)

Tabel 1. Data Puncak Serapan FTIR yang Teramati dari Adsorben SSzM dan SSzC

| <i>Keterangan</i> | <i>Bilangan gelombang (cm⁻¹)</i> | |
|---|---|-------------|
| | <i>SSzM</i> | <i>SSzC</i> |
| -C-C- | 939,36 | 937,44 |
| -C-O- dan -O-H yang berasal dari lignin | 1031,95 | 1031,95 |
| -C-O-C khas selulosa dan hemiselulosa | 1087,89 | 1087,89 |
| | 1114,89 | - |
| C=O dalam lakton | 1145,75 | 1141,9 |
| | - | 1178,55 |
| CHOH dari alkohol | 1247,99 | 1242,2 |
| C-H | 1315,5 | 1313,57 |
| CH aromatik dan karboksil-karbonat | - | 1379,15 |
| CH ₃ | 1381,08 | - |
| | 1639,55 | 1626,05 |
| -C=O aromatik | - | 1695,49 |
| | 1743,71 | - |
| C-H alifatik | 2850,88 | - |
| | 2918,4 | 2918,4 |
| -OH dan Si-OH | 3431,48 | 3396,76 |

hemiselulosa dan lignin aromatis (Garg *et al.* 2009). Puncak serapan pada 1381,08 cm⁻¹ dalam SSzM menunjukkan gugus CH₃ (Srivastava *et al.* 2006).

Puncak sekitar 1247 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur CHOH dalam alkohol. Puncak pada 1114,89 cm⁻¹ diprediksi merupakan vibrasi CO dalam lakton.

Terdapatnya gugus fungsi polar pada permukaan adsorben kemungkinan berperan aktif dalam mekanisme pertukaran kation (Srivastava *et al.* 2006).

Pada spektra SSzC terlihat ada pergeseran puncak serapan yang muncul untuk gugus hidroksil bebas ($3396,76\text{ cm}^{-1}$); vibrasi ulur C–O ($1626,05\text{ cm}^{-1}$); vibrasi C–H ($1313,57\text{ cm}^{-1}$); CHOH dari alkohol ($1242,2\text{ cm}^{-1}$); C=O dalam lakton ($1178,55; 1141,9\text{ cm}^{-1}$); dan C–C ($937,44\text{ cm}^{-1}$). Hal ini menunjukkan bahwa kedua adsorben mengandung gugus fungsi yang sama pada permukaannya.

Puncak serapan pada daerah sekitar 2850 cm^{-1} yang menunjukkan keterdapatnya gugus CH alifatik tidak tampak pada spektra ini. Namun, terdapat puncak yang muncul pada daerah $1379,15\text{ cm}^{-1}$ yang diprediksi sebagai vibrasi CH aromatik dan karboksil-karbonat. Thiravetyan *et al.* (2007) menyatakan bahwa kenaikan suhu yang diberikan pada adsorben dapat menyebabkan berkurangnya C–H dan C–C, digantikan dengan gugus fungsi primer, seperti C=O, hidroksil, dan silika. Data puncak serapan yang muncul pada adsorben SSzM dan SSzC ditunjukkan pada Tabel 1.

Studi Adsorpsi Metilen Biru

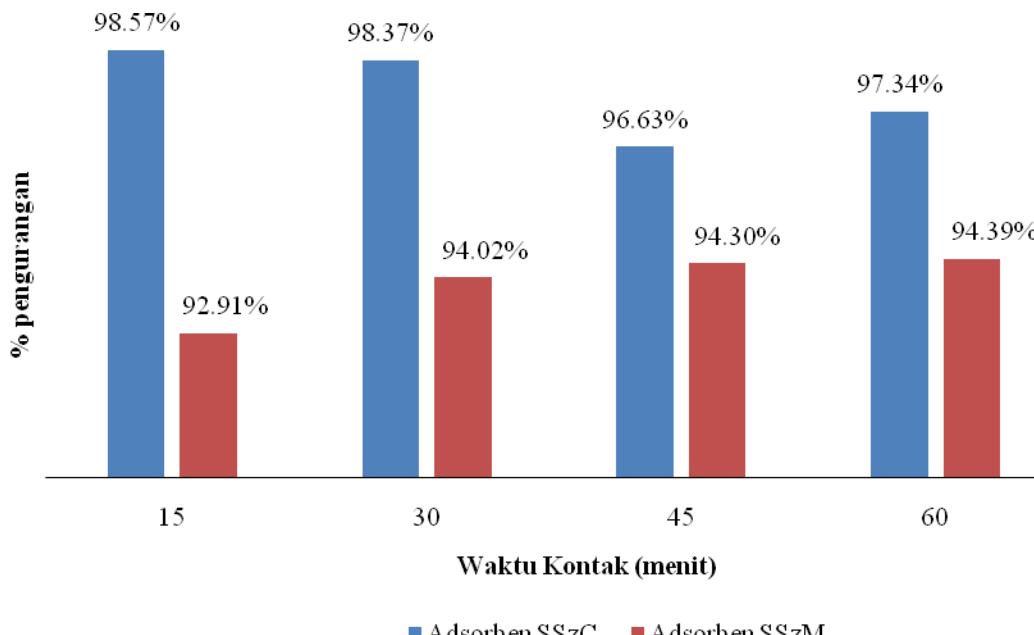
Dalam penelitian ini MB dipilih untuk mengevaluasi kinerja adsorben yang telah berhasil dibuat karena sering digunakan, memiliki ketajaman warna yang tinggi, dan memiliki kemampuan yang baik untuk terikat pada padatan. MB merupakan zat warna kationik dengan rumus molekul $C_{16}H_{18}ClN_3S_3H_2O$. Dalam penelitian ini MB yang digunakan skala teknis dan tanpa pemurnian lebih lanjut. Selain itu, eksperimen dikerjakan tanpa pengaturan pH dan suhu. Suhu terukur adalah suhu

ambient yaitu sebesar 30°C . Pengukuran konsentrasi MB sisa pada filtrat menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm , yang merupakan panjang gelombang optimum untuk MB.

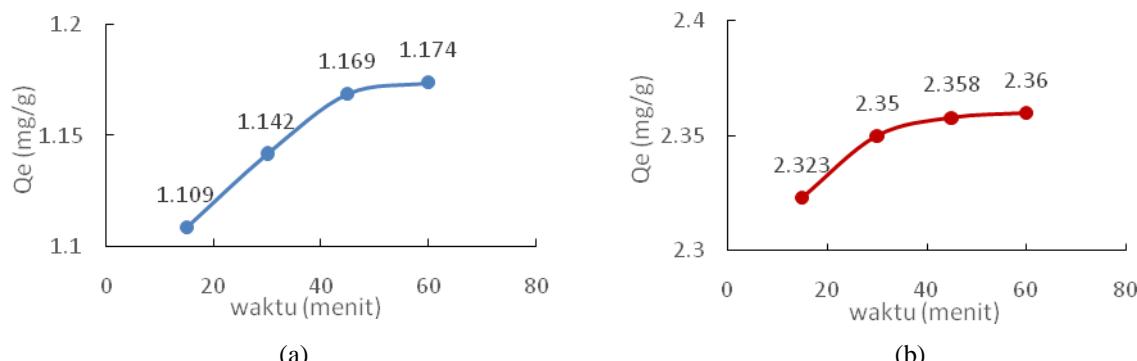
Pengaruh Variasi Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan parameter penting dalam menentukan kondisi di mana proses adsorpsi mencapai keadaan setimbang. Variasi waktu dipelajari untuk mengetahui lama adsorpsi yang diperlukan untuk mendapatkan penyerapan zat warna terbesar. Waktu kontak mempengaruhi proses difusi dan penempelan molekul adsorbat yang terjadi pada permukaan adsorben pada saat adsorpsi berlangsung. Pada penelitian ini, waktu adsorpsi divariasikan selama 15, 30, 45, dan 60 menit. Data penyerapan MB pada berbagai waktu kontak diperoleh menggunakan 1 gram adsorben dalam 50 mL larutan MB 50 ppm. Gambar 2 menunjukkan kurva pengaruh waktu kontak terhadap konsentrasi MB pada proses akhir adsorpsi.

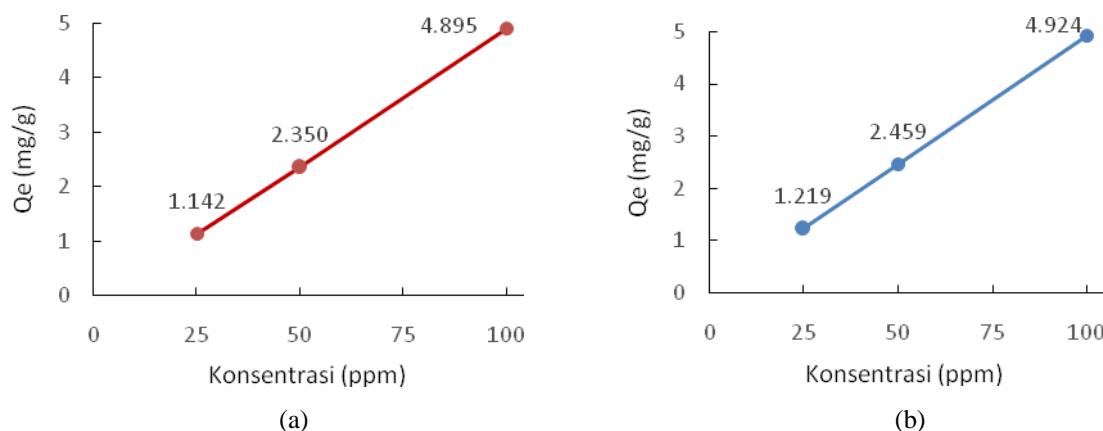
Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa adsorpsi MB oleh SSzM meningkat seiring dengan meningkatnya waktu kontak. Penyerapan dengan cepat terjadi pada waktu kontak 15 ke 30 menit. Selanjutnya, penyerapan MB berjalan lebih lambat. Untuk adsorben SSzC penyerapan MB pada berbagai variasi waktu yang diberikan tidak dapat diprediksi seiring dengan bertambahnya waktu. Adsorpsi pada waktu kontak 15 menit menunjukkan peningkatan penyerapan MB. Selanjutnya penyerapan berkurang dari menit ke 30 sampai menit ke 45, kemudian meningkat kembali pada menit ke 60. Hal ini dapat dijelaskan karena waktu kontak adsorpsi sudah mencapai optimum di awal. Proses pengadukan dapat menyebabkan MB yang sudah terikat pada



Gambar 2. Persentase penyerapan MB oleh adsorben SSzC dan SSzM dengan waktu kontak yang berbeda



Gambar 3. Pengaruh variasi waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi MB oleh Adsorben (a) SSzM dan (b) SSzC



Gambar 4. Pengaruh variasi konsentrasi awal MB terhadap kapasitas adsorpsi oleh adsorben (a) SSzM dan (b) SSzC

permukaan adsorben lepas kembali ke dalam larutan, sehingga konsentrasi MB meningkat. Persen pengurangan optimum SSzM diperoleh pada waktu kontak 60 menit yaitu sebesar 94,39%. Kinerja SSzC menunjukkan aktivitas terbesar pada waktu kontak 15 menit dengan persentase pengurangan sebesar 98,57%. Gambar 3 merupakan profil kinerja adsorben pada proses adsorpsi MB pada berbagai variasi waktu kontak. Profil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi metilen biru oleh kedua adsorben meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Pada adsorben SSzM, kapasitas adsorpsi MB meningkat tajam pada menit ke 15 hingga menit ke 45, kemudian sedikit meningkat pada menit ke 60. Berbeda dengan SSzM, kapasitas adsorpsi SSzC terhadap MB meningkat tajam pada menit ke 15 hingga menit ke 30. Pada menit selanjutnya, yaitu menit ke 45 hingga 60 peningkatan kapasitas adsorpsi yang terjadi lebih lambat. Kapasitas adsorpsi tertinggi pada SSzM dan SSzC masing-masing terjadi pada menit ke 60, yaitu berturut-turut sebesar 1,174 mg/g dan 2,36 mg/g.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal Metilen Biru

Konsentrasi awal MB dalam larutan juga merupakan parameter penting dalam menentukan kinerja suatu adsorben. Pada penelitian ini pengaruh konsentrasi awal larutan MB yang digunakan

divariasi sebesar 25, 50, dan 100 ppm. Proses adsorpsi menggunakan 1 gram adsorben dalam 50 mL MB selama 30 menit. Grafik hubungan antara kapasitas adsorpsi pada variasi konsentrasi MB awal disajikan pada Gambar 4. Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa kapasitas adsorpsi MB oleh kedua adsorben semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi awal larutan MB. Kapasitas adsorpsi terbesar pada kedua adsorben diperoleh pada konsentrasi awal metilen biru 100 ppm, yaitu sebesar 4,895 mg/g oleh adsorben SSzM dan 4,924 mg/g oleh adsorben SSzC. Peningkatan kapasitas adsorpsi zat warna MB oleh adsorben diduga akibat semakin tingginya konsentrasi MB maka jumlah MB di dalam larutan itu juga semakin banyak. Jumlah MB yang teradsorpsi akan sebanding dengan gugus aktif yang terdapat pada adsorben. Jika gugus aktif adsorben belum jenuh, maka kapasitas adsorpsi MB akan semakin besar. Ketika gugus aktif adsorben telah jenuh, maka peningkatan gugus aktif adsorbat akan menurun namun jika pada saat keadaan gugus aktif adsorben belum jenuh oleh adsorbat, maka peningkatan konsentrasi adsorbat akan meningkatkan jumlah adsorbat yang teradsorpsi.

Sesuai dengan kapasitas adsorpsinya, persentase kadar penyerapan MB oleh SSzM dan SSzC juga semakin meningkat ketika konsentrasi awal zat warna ditingkatkan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin

besar konsentrasi MB semakin besar interaksi MB dengan permukaan padatan. Fenomena ini memungkinkan meningkatnya jumlah MB yang terikat pada sisi aktif permukaan padatan. Tabel 2 menyajikan persentase penyerapan MB oleh SSzM dan SSzC. Berdasarkan tabel tersebut, kadar MB yang terjerap oleh adsorben SSzM dan SSzC terbesar diberikan pada konsentrasi awal 100 ppm, yaitu berturut-turut sebesar 97,90% dan 98,48 %.

Tabel 2. Kadar MB terjerap oleh adsorben SSzM dan SSzC dengan variasi konsentrasi awal MB yang berbeda-beda

| Konsentrasi Awal (ppm) | Kadar MB terjerap | |
|---------------------------|-------------------|------------------|
| | Adsorben SSzM | Adsorben SSzC |
| 25 | 91,36 % | 97,48 % |
| 50 | 94,02 % | 98,37 % |
| 100 | 97,90 % | 98,48 % |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa karakterisasi FTIR menunjukkan adsorben SSzM dan SSzC memiliki kemiripan kandungan gugus fungsi. Semakin bertambah waktu kontak, kapasitas adsorpsi semakin besar. Kapasitas adsorpsi terbesar pada SSzM dan SSzC masing-masing terjadi pada menit ke 60, yaitu berturut-turut sebesar 1,174 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 94,39% dan 2,36 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 97,34% dari 50 mL larutan MB 50 ppm. Kapasitas adsorpsi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi awal larutan MB. Kapasitas adsorpsi terbesar pada kedua adsorben diperoleh pada konsentrasi awal metilen biru 100 ppm dalam 50 mL larutan, yaitu sebesar 4,895 mg/g oleh adsorben SSzM dan 4,924 mg/g oleh adsorben SSzC dan efisiensi adsorpsi berturut-turut sebesar 97,90% dan 98,48 % dari 50 mL larutan MB 100 ppm selama waktu kontak 30 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas PGRI Madiun yang telah memberikan dana penelitian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia, Program Studi Pendidikan Biologi, Kepala Laboratorium Biologi Universitas PGRI Madiun, Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, rekan-rekan Dosen Program Teknik Kimia UNIPMA dan pihak lain yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, B.K. & Kurniawan, F. (2012). Pemanfaatan Serbuk biji salak (*Salacca zalacca*) sebagai

- adsorben Cr (VI) dengan metode batch dan kolom. *Jurnal Sains Pomits*. 1(1): 1-6.
- Bansal, M., Garg, U., Singh, D. & Garg, V.K. (2009). Removal of Cr (VI) from aqueous solutions using pre-consumer processing agricultural waste: A case study of rice husk. *Journal Of Hazardous Materials*. 162(1): 312-320.
- Bhatti, H.N., Akhtar, N. & Saleem, N. (2012). Adsorptive removal of methylene blue by low-cost citrus sinensis bagasse: equilibrium, kinetic and thermodynamic characterization. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 37(1): 9-18.
- Chieng, H.I., Lim, L.B. & Priyantha, N. (2015). Enhancing adsorption capacity of toxic malachite green dye through chemically modified breadnut peel: equilibrium, thermodynamics, kinetics and regeneration studies. *Environmental Technology*. 36(1): 86-97.
- Ghaly, A.E., Ananthashankar, R., Alhattab, M.V.V.R. & Ramakrishnan, V.V. (2014). Production, characterization and treatment of textile effluents: a critical review. *Journal of Chemical Engineering and Process Technology*. 5(1): 1-19.
- Girsang, E., Kiswandono, A.A., Aziz, H., Chadir, Z. & Zein, R. (2015). Serbuk biji salak (*Salacca zalacca*) sebagai biosorben dalam memperbaiki kualitas minyak goreng bekas. Dalam Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains). (Vol. 2, pp. 583-594).
- Giwa, A., Olajire, A., Adeoye, D. & Ajibola, T. (2015). Kinetics and thermodynamics of ternary dye system adsorption on to melon (*Citrullus lanatus*) seed husk. *American Chemical Science Journal*. 7(1): 7-25.
- Gupta, V.K. & Suhas (2009). Application of low-cost adsorbents for dye removal—a review. *Journal of Environmental Management*. 90(8): 2313-2342.
- Gürses, A., Karaca, S., Doğar, Ç., Bayrak, R., Açıkyıldız, M. & Yalçın, M. (2004). Determination of adsorptive properties of clay/water system: methylene blue sorption. *Journal of Colloid and Interface Science*. 269(2): 310-314.
- Hadayani, L.W., Riwayati, I. & Ratnani, R.D. (2015). Adsorpsi pewarna metilen biru menggunakan senyawa xanthan pulpa kopi. *Momentum*. 11(1): 19-23.
- Hamdaoui, O. & Chiha, M. (2007). Removal of methylene blue from aqueous solutions by wheat bran. *Acta Chimica Slovenica*. 54(2): 407-418.
- Hameed, B.H. & Ahmad, A.A. (2009). Batch adsorption of methylene blue from aqueous solution by garlic peel, an agricultural waste biomass. *Journal of Hazardous Materials*. 164(2-3): 870-875.
- Hameed, B.H. (2009). Evaluation of papaya seeds as a novel non-conventional low-cost adsorbent for removal of methylene blue. *Journal of Hazardous Materials*. 162(2-3): 939-944.

- Hameed, B.H., Ahmad, A.L. & Latiff, K.N.A. (2007). Adsorption of basic dye (methylene blue) onto activated carbon prepared from rattan sawdust. *Dyes and Pigments.* 75(1): 143-149.
- Han, R., Zhang, L., Song, C., Zhang, M., Zhu, H. & Zhang, L. (2010). Characterization of modified wheat straw, kinetic and equilibrium study about copper ion and methylene blue adsorption in batch mode. *Carbohydrate Polymers.* 79(4): 1140-1149.
- Krim, L., Nacer, S. & Bilango, G. (2006). Kinetics of chromium sorption on biomass fungi from aqueous solution. *American Journal of Environmental Science.* 2(1): 31- 36.
- Kumar, P.S., Ramalingam, S. & Sathishkumar, K. (2011). Removal of methylene blue dye from aqueous solution by activated carbon prepared from cashew nut shell as a new low-cost adsorbent. *Korean Journal of Chemical Engineering.* 28(1): 149-155.
- Nakbanpote, W., Goodman, B.A. & Thiravetyan, P. (2007). Copper adsorption on rice husk derived materials studied by EPR and FTIR. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* 304(1-3): 7-13.
- Podstawczyk, D., Witek-Krowiak, A., Chojnacka, K. & Sadowski, Z. (2014). Biosorption of malachite green by eggshells: mechanism identification and process optimization. *Bioresource Technology.* 160: 161-165.
- Pongenda, R.C., Napitupulu, M. & Walanda, D.K. (2015). Biocharcoal dari biji salak (*Salacca edulis*) sebagai adsorben terhadap kromium. *Jurnal Akademika Kimia.* 4(2): 84-90.
- Salleh, M.A.M., Mahmoud, D.K., Karim, W.A.W.A. & Idris, A. (2011). Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: A comprehensive review. *Desalination.* 280(1-3): 1-13.
- Srivastava, V.C., Mall, I.D. & Mishra, I.M. (2006). Characterization of mesoporous rice husk ash (RHA) and adsorption kinetics of metal ions from aqueous solution onto RHA. *Journal of Hazardous Materials.* 134(1-3): 257-267.
- Suskendriyati, H., Wijayati, A., Hidayah, N. & Cahyuningdari, D. (2000). Studi morfologi dan hubungan kekerabatan varietas salak Pondoh (*Salacca zalacca* (Gaert.) Voss.) di dataran tinggi Sleman. *Biodiversitas.* 1(2): 59-64.