

PEMBUATAN BIOSORBEN DARI BIJI PEPAYA (*Carica papaya* L) UNTUK PENYERAPAN ZAT WARNA

BIOSORBENT MAKING FROM SEEDS PAPAYA (*Carica papaya* L) FOR ABSORPTION OF THE SUBSTANCE COLOR

Siswarni MZ, Lara Indra Ranita*, Dandri Safitri
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155, Indonesia
*Email : ayhalararanita@gmail.com

Abstrak

Biosorben adalah bahan yang memiliki pori – pori banyak, dimana proses adsorpsi dapat berlangsung pada dinding pori atau terjadi pada daerah tertentu di dalam partikel tersebut. Pembuatan biosorben biji pepaya menggunakan H_2SO_4 sebagai aktivator, kemudian digunakan sebagai penyerapan zat warna tekstil, yaitu *methyl orange*, *methyl violet* dan *methyl red*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum dalam pembuatan biosorben dari biji pepaya. Analisis yang dilakukan adalah bilangan iodin, luas permukaan, dan menguji kemampuan daya sarap terhadap zat warna (*methyl orange*, *methyl violet* dan *methyl red*). Dalam pembuatan biosorben dari biji pepaya ini, metode yang digunakan yaitu proses aktivasi kimia. Penelitian ini menggunakan biji pepaya sebagai bahan baku dan asam sulfat sebagai aktivator. Konsentrasi asam sulfat yang digunakan 5%, 7%, 10% dan waktu pengeringan 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Massa biosorben 0,5 g (2,5% dari 20 ml larutan), 1,0 g (5% dari 20 ml larutan) dan 1,5 g (7,5% dari 20 ml larutan) dengan waktu adsorpsi yaitu 20 menit, 30 menit, dan 40 menit untuk penyerapan zat warna. Hasil penelitian menunjukkan bilangan iodin tertinggi diperoleh 482,22 mg/g pada waktu pengeringan 120 menit dan konsentrasi asam sulfat 10% dan luas permukaan tertinggi diperoleh 33,43556 m²/g pada waktu pengeringan 120 menit dan konsentrasi asam sulfat 10%. Hasil analisis daya adsorpsi terbesar untuk zat warna *methyl violet* yaitu 9,547 mg/g pada massa biosorben 1,0 g dan waktu adsorpsi 40 menit.

Kata kunci: adsorpsi, biji pepaya, biosorben, *methyl orange*, *methyl violet* dan *methyl red*.

Abstract

Biosorbent is a material that has a pore - pore lot, where the adsorption process can take place on the pore walls or occur in certain regions of the particles. Preparation from papaya seeds biosorbent using H_2SO_4 as an activator, and then used as a textile dye absorption, namely methyl orange, methyl violet and methyl red. This study aims to determine the optimum conditions in the manufacturing biosorbent from papaya seeds. Analysis is iodine number, surface area, and test the ability of sarap to dyes (methyl orange, methyl violet and methyl red). In the manufacture biosorbent of this papaya seeds, the method used is chemical activation process. This study uses papaya seeds as raw material and sulfuric acid as an activator. The concentration of sulfuric acid used 5%, 7%, 10% and the drying time of 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes. Biosorbent mass of 0.5 g (2.5% of 20 ml), 1.0 g (5% of 20 ml) and 1.5 g (7.5% of 20 ml) with adsorption time of 20 minutes, 30 minutes, and 40 minutes for the absorption of the dye. The results showed the highest iodine gained 482.22 mg / g on the drying time of 120 minutes and a sulfuric acid concentration of 10% and the highest surface area was obtained 33.43556 m² / g on the drying time of 120 minutes and a sulfuric acid concentration of 10%. The analysis results of the adsorption capacity for methyl violet dye that is 9.547 mg / g on biosorbent mass of 1.0 g and the adsorption time of 40 minutes..

Keywords: adsorption, biosorbent, methyl orange, methyl violet and methyl red, papaya seeds. trophotometry

Pendahuluan

Tahun 2014 Indonesia merupakan penghasil buah pepaya yang cukup besar yaitu 840,112 ton/tahun [6]. Biji pepaya merupakan sampah pertanian yang bisa dijadikan sebagai biosorben dengan biaya yang sangat murah. Nilai ekonomis dari limbah biji pepaya sampai saat ini masih sangat kurang efisien, padahal biji pepaya mengandung beberapa senyawa-senyawa aktif

seperti alkaloid, flavonoid, glikosida antraknon, tanin, triterpenoid/steroid, dan saponin [25]. Selain kandungan di atas, biji pepaya juga memiliki unsur karbohidrat sebesar 32,2 g, yang diyakini unsur paling penting sebagai biosorben [12]. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu di lakukan inovasi dengan menggunakan biji pepaya sebagai biosorben. Konsumsi biosorben dunia semakin meningkat setiap tahunnya, misalkan pada tahun

2014 mencapai 530.000 ton/tahun. Sedangkan negara besar seperti Amerika kebutuhan perkapitanya mencapai 0,4 kg per tahun dan Jepang berkisar 0,2 kg per tahun [8]. Biosorben merupakan suatu zat padat yang dapat digunakan untuk menyerap komponen tertentu dari suatu fasa fluida. Biosorben dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon. Biosorben sangat banyak digunakan dalam skala industri sebagai purifikasi atau pemisahan gas atau cairan dan juga sebagai katalis maupun katalis pedukung [19].

Penelitian mengenai biosorben biji pepaya telah banyak dilakukan diantaranya adalah :

1. Penelitian mengenai pembuatan biosorben biji pepaya untuk penyerapan *methyl blue*, dengan ukuran partikel 60 mesh aktivator 98%. Kapasitas adsorpsi dengan metode Langmuir sebesar 55,557 mg/g [7].
2. Penelitian mengenai pembuatan biosorben biji pepaya untuk penyerapan *crystal violet*, ukuran partikel 60 mesh dengan aktivator 98%, diperoleh luas permukaan 1,38 m²/g [12].
3. Penelitian mengenai pembuatan biosorben biji pepaya untuk penyerapan larutan Pb(II) dengan ukuran partikel 60 mesh dan aktivator asam sulfat 98% diperoleh luas permukaan 27,5 m²/g [23].

Dari beberapa penelitian terdahulu, dapat dilihat bahwa nilai luas permukaan masih rendah dan belum memenuhi SNI. Oleh karena itu peneliti mencoba untuk mencari kondisi percobaan sehingga diperoleh nilai luas permukaan yang memenuhi SNI. Kondisi percobaan adalah dengan variasi konsentrasi H₂SO₄ lebih kecil kemudian dilakukan pengujian terhadap kemampuan daya serap zat warna *methyl orange*, *methyl violet*, dan *methyl red*. Rumusan masalah yang diambil yaitu pengaruh variasi konsentrasi aktivator H₂SO₄ dan waktu pemanasan terhadap parameter bilangan iodin, luas permukaan serta kemampuan daya serap zat warna dengan pengaruh massa dan waktu kontak biosorben.

Teori

Adsorpsi adalah suatu proses pemisahan dimana suatu fluida (adsorbat) berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (biosorben) yang terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Hal ini menciptakan daerah padat pada molekul cairan yang membentang beberapa diameter molekuler di dekat permukaan (fase terjerap). Untuk campuran multikomponen, komponen tertentu dari campuran (bahan terjerap yang dipilih) berkumpul pada permukaan akibat adanya perbedaan kekuatan tarik cairan-padat diantara komponen-komponen. Fasa terjerap ini memiliki komposisi yang berbeda dari fasa cairan

bulk yang menjadi dasar pemisahan dengan teknologi adsorpsi [3].

Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Molekul-molekul adsorbat berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan *interface*, yaitu lapisan film yang melapisi permukaan biosorben.
2. Molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan ke permukaan luar dari biosorben.
3. Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar biosorben menyebar menuju pori-pori biosorben. Fase ini disebut dengan difusi pori.
4. Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori biosorben [10]

Proses adsorpsi pada biosorben, seringkali diberikan perlakuan awal untuk meningkatkan nilai luas permukaannya, karena luas permukaan biosorben merupakan salah satu sifat utama untuk mempengaruhi proses adsorpsi. Luas permukaan biosorben semakin besar maka semakin besar pula daya adsorpsinya. Luas permukaan total mempengaruhi kapasitas adsorpsi total sehingga meningkatkan efektifitas biosorben dalam penyisihan senyawa organik dalam air buangan. Ukuran partikel tidak terlalu mempengaruhi luas permukaan total sebagian besar meliputi pori-pori partikel karbon [17]. Luas permukaan biosorben umumnya berkisar antara 300 – 3000 m²/g dan ini terkait dengan struktur pori pada biosorben tersebut. Struktur pori menyebabkan ukuran molekul teradsorpsi terbatas, sedangkan bila ukuran partikel tidak masalah, kuantitas bahan yang diserap dibatasi oleh luas permukaan biosorben [20].

Bilangan iodin merupakan parameter utama yang digunakan untuk melihat karakteristik dari biosorben maupun karbon aktif. Bilangan ini sering ditulis dengan satuan mg/g. Bilangan ini mengukur kandungan mikropori dengan cara menyerap iodin dari larutan [4]. Bilangan iodin merupakan parameter dasar yang paling penting yang digunakan untuk karakterisasi yang menunjukkan biosorben. Iodin merupakan ukuran pada tingkat keaktifannya [5]. Berdasarkan standar kualitas biosorben menurut SNI penetapan daya serap biosorben terhadap iodium merupakan persyaratan umum untuk menilai kualitas biosorben yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan biosorben untuk menyerap zat dengan ukuran molekul yang lebih kecil. Standar bilangan iodin menurut SNI 06-3730-1995 yaitu ≥ 760 mg/g. Semakin besar angka iod yang dihasilkan maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Salah satu cara dalam menganalisis daya serap biosorben terhadap iod adalah dengan cara metode titrasi iodometri [1].

Zat warna merupakan senyawa organik atau anorganik berwarna yang digunakan untuk memberi warna tekstil atau suatu makanan, minuman, obat - obatan, kosmetika, dan lain-lain [26]. Sebagian zat warna adalah racun bagi tubuh manusia, tetapi ada zat warna yang relatif aman bagi manusia, yaitu zat warna yang digunakan dalam industri pangan, minuman dan farmasi. Penggolongan zat warna berdasarkan pada sifat-sifat dan penggunaannya yaitu zat warna asam, basa, *direct*, mordan, kompleks logam, azoat, belelang, bejana, dispersi dan reaktif [24].

Methyl orange merupakan molekul zat warna dengan rumus molekul $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ dan mempunyai berat molekul 327,33 g/mol. Panjang gelombang maksimum larutan *methyl orange* adalah sekitar 465 nm. *Methyl orange* termasuk jenis zat warna azo yang mempunyai system kromofor dari gugus azo (-N=N) berikatan dengan gugus aromatik. Trayek pH *methyl orange* berkisar 3,0 hingga 4,4 [18].

Methyl violet termasuk dalam golongan zat warna kation dengan rumus kimia $C_{24}H_{28}N_3Cl$ dan mempunyai berat molekul 393,96 gram/mol. *Methyl violet* dalam larutan asam berwarna kuning yang berubah menjadi hijau-biru pada pH 0-1,8 dan diatas pH 1,8 akan berwarna ungu [9].

Methyl red bersifat mutagenik pada kondisi aerobik, mengalami biotransformasi menjadi asam 2-aminobenzoat dan N-N' dimetil-p-fenilen diamin [25].

Metodologi Penelitian

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah biji pepaya yang diperoleh dari penjual buah Pajak Sore Padang Bulan, asam sulfat (H_2SO_4), *methyl blue*, iodin, natrium tiosulfat, amilum, *methyl orange*, *methyl violet* dan *methyl red*. Alat utama yang digunakan adalah oven, blender, ayakan berukuran 60 mesh, *beaker glass*, spektrofotometer FTIR, spektrofotometer UV-Vis, *rotary shaker*.

Prosedur Percobaan

Proses Aktivasi Biosorben Biji Pepaya

Biji pepaya dicuci dan keringkan. Biji pepaya dihaluskan dengan menggunakan ayakan berukuran 60 mesh, dan diaktifkan dengan asam sulfat (H_2SO_4) rasio perbandingan 1 :1 dengan konsentrasi asam sulfat 5%, 7%, dan 10% dan diovenkan selama 12 jam pada suhu 110 °C. Kemudian dicuci dengan *aquadest* untuk menghilangkan asam. Selanjutnya di ovenkan pada suhu 110 °C selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

Prosedur Analisis

Penentuan Bilangan Iodin

Sebanyak 1 g sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam *erlenmeyer*. Kemudian ditambahkan larutan iodin 0,1 N 25 ml dan diaduk selama 15 menit lalu disaring. Sebanyak 10 ml filtrat dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N hingga berwarna kuning muda. Kemudian ditambahkan amilum 1% pada larutan dan titrasi dilanjutkan hingga warna biru hilang. Daya serap iodin dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut [8]:

$$DSI = \frac{(mL \text{ sampel} - \frac{T \times C_1}{C_2}) \times W_1 \times F_p}{gr \text{ sampel}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- DSI = daya serap iodin (mg/g)
- V = filtrat yang dititrasi (10 ml)
- T = volume titrasi natrium tiosulfat (N)
- C₁ = konsentrasi natrium tiosulfat (N)
- C₂ = konsentrasi iod (N)
- W₁ = berat iod (12,69 mg/L)

Penentuan Luas Permukaan

Methyl blue dipilih dalam riset ini karena telah diketahui kekuatan adsorpsi pada padatan dan dikenal kegunaannya dalam karakterisasi adsorpsi material [10]. Kalibrasi *methyl blue* dilakukan dengan konsentrasi 20-200 ppm pada panjang gelombang 664 nm. Kemudian sebanyak 0,5 g biosorben rendam dengan metilen biru dan diaduk selama 2 jam, selanjutnya disaring. Filtrat diukur absorbansinya dengan panjang gelombang 664 nm. Luas permukaan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$S = \frac{X_m \cdot N \cdot a}{Mr} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- S = luas permukaan biosorben (m²/g)
- N = bilangan avogadro (6,002 x 10²³ mol⁻¹),
- X = berat adsorbat teradsorpsi (g/g)
- a = luas penutupan oleh 1 molekul *methyl blue* (197 x 10⁻²⁰ m²)
- Mr = massa molekul relative *Methyl blue* (320,5 g/mol)

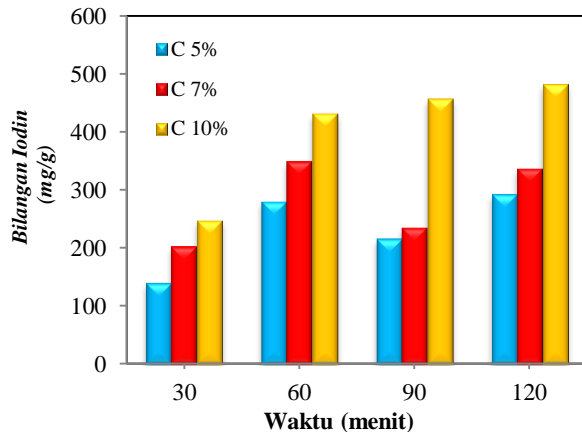
Penentuan Kemampuan Daya Serap Biosorben Terhadap Zat Warna dengan Variasi Massa dan Waktu adsorpsi

Biosorben dari biji pepaya yang lolos pada ayakan berukuran 60 mesh ditimbang masing – masing 0,5 g, 1,0 g dan 1,5 g dan dimasukkan kedalam *beaker glass* 100 mL. Ditambahkan larutan zat warna 100 ppm dan diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 180 rpm selama 20 menit, 30 menit dan 40 menit. Larutan

disaring menggunakan kertas whatman No. 1 hingga didapatkan filtratnya. Filtrat yang dihasilkan kemudian dianalisa absorbansinya menggunakan spektrofotometr UV-Vis.

Hasil dan Pembahasan
Pengaruh Aktivator dan Waktu Pemanasan terhadap Bilangan Iodin

Pada penelitian ini dapat dilihat kapasitas adsorpsi biosorben yang paling baik dari berbagai variasi waktu pemanasan di oven dan rasio konsentrasi aktivator tertentu yang dinyatakan sebagai bilangan iodin (mg/g), yaitu jumlah mg iodin yang dapat diserap oleh setiap 1 g biosorben.

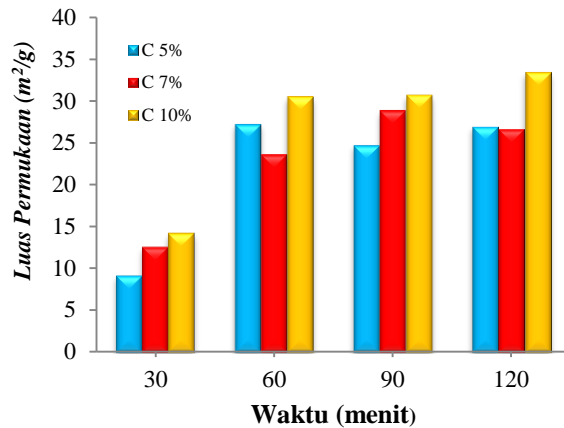


Gambar 1. Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Bilangan Iodin Biosorben pada Rasio Konsentrasi Asam Sulfat

Dari Gambar 1 di atas dapat dilihat bahwa bilangan iodin cenderung meningkat seiring dengan semakin tingginya waktu pemanasan dan konsentrasi aktivator. Untuk konsentrasi asam sulfat pada waktu pemanasan yang sama pada titik tertentu mengalami penurunan bilangan iodin. Bilangan iodin tertinggi diperoleh yaitu 482,22 mg/g pada waktu pemanasan 120 menit dan konsentrasi asam sulfat 10% .

Pengaruh Waktu dan Konsentrasi terhadap Luas Permukaan Biosorben

Luas permukaan biosorben merupakan salah satu karakter fisik yang memiliki peranan penting dimana berhubungan langsung dengan kemampuan adsorpsi biosorben terhadap zat-zat yang dijerap [16]. Luas permukaan diukur dari lapisan monolayer dari standar adsorbat, kemudian nilai numeriknya didapat dari densitas adsorbat dan dimensi molekul [15]. Semakin luas permukaan biosorben, maka memberikan bidang kontak yang lebih besar sehingga semakin banyak adsorbat yang dijerap dan proses adsorpsi semakin efektif [22].

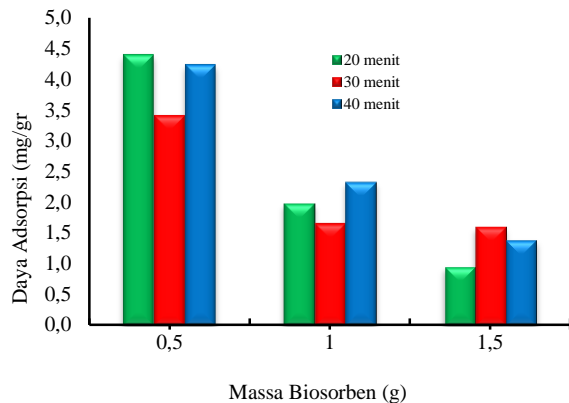


Gambar 3. Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Terhadap Luas Permukaan Biosorben.

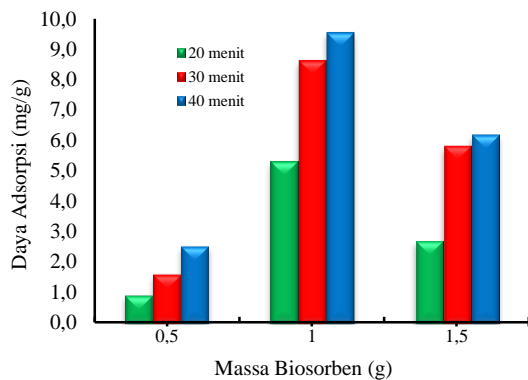
Biosorben dari biji pepaya yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu memiliki luas permukaan yang berkisaran dari 1,38 sampai 38,46 m²/g [2,22]. Jadi, hasil pengukuran luas permukaan biosorben biji pepaya pada berbagai waktu pemanasan dan konsentrasi aktivator yang telah sesuai dengan standar luas permukaan biosorben dari biji pepaya yang ada. Luas permukaan tertinggi yaitu sebesar 33,43556 m²/g berada pada waktu pemanasan 120 menit dengan konsentrasi asam sulfat 10%.

Pengaruh Massa Biosorben Terhadap Adsorpsi Zat Warna

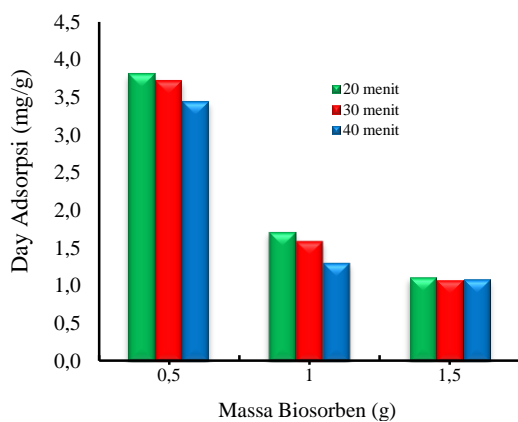
Massa biosorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan semakin efektif proses adsorpsi terjadi [11]. Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas permukaan biosorben, sehingga ion-ion akan lebih banyak terserap pada permukaan biosorben tersebut [16].



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Pengaruh Massa Biosorben Terhadap Zat Warna (a) Methyl Orange (b) Methyl Violet (c) Methyl Red

Hasil yang diperoleh untuk zat warna *methyl orange* yaitu kemampuan daya adsorpsi mengalami fluktuasi di setiap massa biosorben. Hal ini disebabkan karena kecepatan putaran menjadi lambat dengan bertambahnya massa biosorben, sehingga daya adsorpsi menjadi tidak bagus. Pada zat warna *methyl orange* diperoleh daya adsorpsi maksimum sebesar 4,391 mg/g pada massa 0,5 g pada waktu adsorpsi 20 menit.

Hasil yang diperoleh untuk zat warna *methyl violet* adalah daya adsorpsi semakin besar seiring bertambahnya massa biosorben. Hal ini dikarenakan semakin banyak massa biosorben maka luas permukaan biosorben akan semakin besar sehingga memungkinkan daya adsorpsi besar. Daya adsorpsi maksimum diperoleh sebesar 9,547 mg/g pada massa biosorben 1,0 g pada waktu adsorpsi 40 menit

Hasil yang diperoleh untuk zat warna *methyl red* yaitu dengan semakin bertambahnya massa biosorben yang digunakan maka kemampuan daya adsorpsi semakin kecil. Hal ini disebabkan karena adsorbat yang digunakan

terbatas yang menyebabkan biosorben saling tumpah tindih atau berebutan untuk menutupi, sehingga adsorbat terbatas gerakannya untuk memperebutkan permukaan. Daya adsorpsi maksimum diperoleh sebesar 3,815 mg/g pada massa biosorben 0,5 g pada waktu adsorpsi 20 menit.

Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Adsorpsi Zat Warna

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi, karena waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung. Desorpsi merupakan proses pelepasan kembali ion atau molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben [21]. Semakin lama waktu interaksi biosorben dengan adsorbat memungkinkan banyaknya tumbukan yang terjadi sehingga semakin banyak adsorbat yang terserap. Tumbukan kecepatan reaksi bergantung pada jumlah tumbukan persatu satuan waktu, semakin banyak tumbukan yang terjadi maka reaksi semakin cepat berlangsung [14]

Hasil yang diperoleh untuk zat warna *methyl orange* diperoleh daya adsorpsi maksimum sebesar 4,391 mg/g pada waktu 20 menit. Pada zat warna *methyl violet* diperoleh hasil maksimum sebesar 9,547 mg/g pada waktu adsorpsi 40 menit. Pada zat warna *methyl red* diperoleh daya adsorpsi tertinggi sebesar 0,954 mg/g pada waktu adsorpsi 20 menit.

Kesimpulan

Bilangan iodin biosorben dari biji pepaya tertinggi diperoleh sebesar 482,22 mg/g pada konsentrasi asam sulfat 10% dan waktu pemanasan 120 menit. Luas permukaan biosorben dari biji pepaya tertinggi sebesar 33,43556 m²/g pada konsentrasi asam sulfat 10% dan waktu pemanasan 120 menit. Dari hasil analisa FTIR biosorben dari biji pepaya dapat menyerap kandungan kromofor yang terdapat pada zat warna. Daya adsorpsi tertinggi sebesar 9,547 mg/g. pada zat warna *methyl violet* yaitu pada massa biosorben 1,0 g dan waktu adsorpsi 40 menit.

Daftar Pustaka

- [1] A. Herlin, S.Bahri, Nurakhirawati, Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam, *Jurnal Natural Science*, ISSN: 2338-0950 Vol. 2 (3), Hal. 75-86, 2013.
- [2] A. Napitupulu, Impregnasi Karbon Aktif Dengan Na₂S Sebagai Adsorben Terhadap Larutan Cu²⁺ Dan Cd²⁺, Skripsi, Medan, 2010.

- [3] A.M. Khah, dan R. Ansari, *Activated Charcoal: Preparation, characterization and Applications*, Iran. *International Journal of ChemTech Research*. Vol.1, No.4 ISSN : 0974-4290, hal. 859-864, 2009.
- [4] A.U. Itodo, F.W. Abdulrahman, L.G. Hassan, S.A. Maigandi, H.U. Itodo, *Application of Methylene Blue and Iodine Adsorption in the Measurement of Specific Surface Area by Four Acid and Salt Treated Activated Carbons*, New York Science Journal, 3(5) 2010 hal. 25 - 26.
- [5] A. Verla, M. Horsfall (Jnr), E.N Verla, A.I. Spiff1, dan O.A. Ekpete3, *Preparation And Characterization Of Activated Carbon From Fluted Pumpkin (Telfairia Occidentalis Hook.F) Seed Shell*, Vol. 1, No. 3, September 2012
- [6] Badan Pusat Statistik. Pertanian dan Industri <http://www.bps.go.id> diunduh pada tanggal 10 Februari 2017.
- [7] B.H. Hameed, *Evaluation of Papaya Seed as a Novel Non-Conventional Low-Cost Adsorbent for Removal of Methylene Blue*, Jurnal Of Hazardous Materiel, 2009.
- [8] C.B. Roop dan M. Goyal, *Activated Carbon Adsorption*, Lewis Publisher, United States of America, hal 125, 2005
- [9] D.M. Fatin, Modifikasi Adsorben Berbasis katu Randu dengan Metode Pemanasan dan Aplikasinya Sebagai Penjerap Zat Warna Methyl Violet pada Limbah Industri Batik, Skripsi, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2015.
- [10] D.Suhedra dan E.R.Gunawan, Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya Pada Penjerapan Ion Tembaga (II), Makara, Sains, Vol 14, No.1, 2010.
- [11] Falahiyah, Adsorpsi methylene blue menggunakan abu dari sabut dan tempurung kelapa teraktivasi asam sulfat, Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang . Malang, 2015.
- [12] F.A.Pavan, E.S.Campicho, E.L. Guilherme and V.T.A. Branco, *Formossa Papaya Seed Powder (FPSP):Preparation, Characterization And Application As On Alternative Adsorben For The Removal Of Crystal Violet From Aqueous Phase*, Jurnal Of Environmenta Chemical Engineering 2 (2014) 230-238, 2014.
- [13] H.Nurhasni, dan N.Saniyyah, Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah, Program Studi Kimia , Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, Vol. 4, No. 1 (36-44), 2014.
- [14] H.Purnawati, dan B. Utami, Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobromacocoa L.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B, Pendidikan Kimia FMIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret , Surakarta, Vol.5, No.1, 2014.
- [15] L.Kurniasari, I.Riwayati, dan Suwardiyono, Pektin Sebagai Alternatif Bahan Baku Biosorben Logam Berat, Universitas Wahid Hasyi, Momentum, Vol.8, No.1, 2012.
- [16] M.A. Ashraf, M.J. Maah, dan I. Yusoff, I, *Study of Banana peel (Musa sapientum) as a Cationic Biosorben*, American-Eurasian J. Agric & Environ. Sci, Vol. 8(1): 7-17, 2010.
- [17] M. Abedi, and Z. Bahreini, *Preparation of Carbonaceous Adsorbent from Plant of Calotropis Gigantea by Thermo-Chemical Activation Process and its Adsorption Behavior for Removal of Methylene Blue*, World Applied Sciences Journal. ISSN 1818-4952. Vol 11 (3) hal. 263-268, 2010.
- [18] M.S. Fadjri, Adsorpsi Zat Warna *Methyl Orange* Menggunakan Pasir Vulkanik Gunung Merapi, Skripsi, Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, 2012.
- [19] N.N. Paramesti, Efektivitas Ekstrak Biji Pepaya (*Carica papaya*) Sebagai Anti Bakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli*, Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2014.
- [20] P. Devarly, Y.Kartika, A.T Nani, and S.Ismadji, *Activated Carbon from Jackfruit Peel Waste by H₃PO₄ Chemical Activation: Physical and Surface Chemistry Characterization*, National Conference: Design and Application of Technology, hal. 1-10, 2007
- [21] R.R.Puspitasai, dan Yetty, Pengaruh Massa Adsorben, Waktu Adsorpsi, dan Konsentrasi Pewarna terhadap Daya Adsorpsi Bentonit pada pewarna Direct Red Teknis, Skripsi, Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2012.
- [22] R. Rajeshkannan, M. Rajasimman, and N. Rajamohan, *Decolourization of Malachite Green Using Tamarind Seed: Optimazation, Isotherm, and Kinetic Studies*, Chemical Industry & Chemical

- Engineering Quarterly, Vol. 17, No. 1, 67-79, 2011.
- [23] S.K. Yadav, D.K. Singh, S.Sinha. *Chemical Carbonization of Papaya Seed Originated Charcoals for Sorption of Pb (II) from Aqueous Solution*, Jurnal Of Environmental Chemical Engineering, 2014.
- [24] T. Ardyani, Adsorpsi Zat Warna Methyl Red Menggunakan Pasir Vulkanik Gunung Merapi, Skripsi, Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, 2012
- [25] T.Pangesti, I.N. Fitriani, F.Ekaputra, And Hermawan. *Sweet Papaya Seed Candy Antibacterial Escherichia coli Candy With Papaya Seed (Carica papaya l)*, Universitas Negeri Yogyakarta, 2013
- [26] U.A. Faqih, Penurunan Kadar Zat Warna Remazol Yellow FG Menggunakan Adsorben Semen Portland, Tesis, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010
- [27] W.D. Widhianti, Pembuatan Arang Aktif daai Biji Kapuk (*Ceiba pentandra* L) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B, *Skripsi*. Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, 2010.