

SINTESIS MEMBRAN *NATA DE PINA* DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA TEKSTIL *REMAZOL RED RB*

I N. Sukarta

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Bali, Indonesia
Email: nyoman.sukarta@undiksha.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini limbah kulit nanas dimanfaatkan menjadi membran *nata de pina* serta digunakan sebagai adsorben penyerap zat warna *remazol red RB*. Tujuan penelitian ini untuk mensintesis membran *nata de pina*, mengetahui pH, konsentrasi dan waktu kontak optimum adsorpsi, pola isoterm, serta adsorpsi maksimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran selulosa *nata de pina* berhasil disintesis dan berpotensi menjadi adsorben dalam menyerap zat warna *remazol red RB*. Hasil FTIR menunjukkan bahwa membran *nata de pina* merupakan membran selulosa dengan hasil uji swelling sebesar 187,9%. Kondisi optimum yaitu pada pH 2 dengan daya serap 17,12 mg/g, konsentrasi pada 80 mg/L dengan daya serap 22,36 mg/g dan waktu kontak optimum adsorpsi pada 120 menit dengan daya serap 25,29 mg/g. Adsorpsi zat warna *Remazol red RB* memenuhi pola isoterm adsorpsi Langmuir dengan daya adsorpsi maksimum sebesar 0,0219 g/g atau 21,9 mg/gadsorben.

Kata kunci: *Nata de pina*, adsorpsi, membran, *Remazol red RB*

ABSTRACT

This study utilized pineapple peel waste into a membrane of nata de pina and used as an adsorbent for remazol red RB. The purpose of this study was to synthesis nata de pina membranes, determine the optimum pH, concentration and contact time of adsorption, isotherm pattern, and the maximum adsorption. The results indicated that cellulose nata de pina membranes were successfully synthesized and had the potential to become adsorbents for absorbing remazol red RB dyes. FTIR results showed that membrane nata de pina was a cellulose based membrane with swelling test result of 187.9%. The optimum conditions were at pH 2 with adsorption capacity of 17.12 mg/g, concentration of 80 mg/L with absorption capacity of 22.36 mg/g and contact time at 120 minutes with absorption capacity of 25.29 mg/g. The adsorption of remazol red RB dye has fulfilled the pattern of Langmuir adsorption isotherm with maximum adsorption of 0.0219 g/g or 21.9 mg/g adsorbent.

Keywords: *Adsorption, Nata de pina, membrane, Remazol red RB*

PENDAHULUAN

Industri batik merupakan industri yang saat ini berkembang cukup pesat di Indonesia. Sejak pada tanggal 2 Oktober 2009 ditetapkan sebagai hari batik nasional omset pengusaha batik naik hingga 50% (Aliyuddin & Wesen, 2018). Berpijak pada data yang dimiliki oleh Kementerian Perindustrian, Sampai oktober 2017 telah tercatat, nilai produksi batik dan ekspor batik sudah mencapai USD 51,15 juta naik secara signifikan dari capaian semester I Tahun 2017 sebesar USD 39,4juta. Sejalan dengan pertambahan jumlah industri tekstil

yang semakin meningkat, maka hasil sampingan yang diproduksi sebagai limbah juga semakin banyak. Hasil sampingan yang dihasilkan dari industri batik salah satunya adalah limbah cair zat warna sintetik. Limbah tersebut banyak yang dibuang di badan perairan seperti sungai dan bersifat *non-biodegradable*, yang mana mikroorganisme tidak mampu untuk menguraikannya sehingga menjadi sangat berbahaya (Septiyani, dkk. 2017). Sekitar tujuh puluh persen lebih zat warna sintetik yang digunakan dalam industri tekstil merupakan zat warna yang termasuk dalam golongan azo seperti contohnya

Remazol red RB (Suprihatin, 2014).

Dari dampak yang dapat ditimbulkan oleh limbah zat warna ini, maka perlu diadakan upaya pengolahan limbah cair batik agar polutan yang terkandung dapat berkurang dan lebih ramah lingkungan. Banyak penelitian yang sudah dilakukan dalam pengolahan limbah *Remazol red RB*. Salah satunya yaitu menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang sering digunakan karena sangat efektif, praktis dan ekonomis untuk menghilangkan kandungan polutan dalam limbah cair. Adsorpsi ini dapat dilakukan dengan menggunakan adsorben berupa membran. Saat ini pembuatan membran dari polimer alam telah banyak dikembangkan karena lebih ramah lingkungan dari pada polimer sintesis. Salah satu membran dari polimer alam yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah *Remazol red RB* adalah membran selulosa dari *Nata de pina*. *Nata de pina* adalah jenis nata yang medium fermentasinya berasal dari ekstrak nanas yang difermentasi dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum* (Hamad, 2017). Kulit nanas selama ini belum dimanfaatkan dan hanya dibuang menjadi sampah. Sehingga hal ini berdampak menimbulkan pencemaran lingkungan. Kulit nanas ini berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi *Nata de pina*. Selulosa merupakan zat utama yang terkandung dalam *Nata de pina*. *Nata de pina* memiliki sifat penyerap yang kuat berupa selulosa bacterial.

Penelitian tentang pembuatan nata dari kulit nenas sudah banyak dilakukan. Aprilia (2009) melaporkan bahwa, *Nata de pinayang* dibuat dari kulit nenas dapat mengikat logam kobalt (II) sebesar 19,24%. Rukhman (2012) berhasil membuat membran selulosa mikrobial dari nisbah filtrat kulit buah nanas. Oleh sebab itu, nata ini cocok digunakan sebagai bahan utama pembuatan membran selulosa yang dapat menyerap zat warna *Remazol red RB*. Maka dari itu dilakukanlah penelitian mengenai pemanfaatan kulit buah nanas sebagai membran *nata de pina* untuk menyerap zat warna tekstil *Remazol red RB*. Penelitian ini dapat menjadi temuan baru yang sangat bermanfaat. Selain itu, dapat mengurangi bahaya pencemaran zat warna *Remazol red RB* dan secara tidak langsung juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan oleh limbah kulit nanas.

METODE PENELITIAN

Pembuatan *Nata de pina*

Kulit nanas yang sudah dibersihkan ditambahkan dengan air perbandingan (1:4) yakni 200 gram kulit nanas ditambah dengan 800 mL air, lalu diblender kemudian disaring agar diperoleh filtratnya. Filtrat yang diperoleh selanjutnya ditambahkan sukrosa 7,5% (w/v) dan amonium sulfat 0,5% (w/v). Selanjutnya filtrat direbus pada suhu 100°C selama 15-20 menit. Filtrat ditampung dalam baki, ditutup dengan kertas steril hingga filtratnya dingin. pH filtrat selanjutnya diatur dengan penambahan asam asetat 2% (v/v) sehingga pH-nya menjadi 4,5. Kemudian ditambahkan bakteri inokulum *Acetobacter xylinum* ke dalam baki sebanyak 10%. Baki dibungkus dengan kertas steril dan dieratkan dengan tali. Media diinkubasi sampai 7 hari pada suhu kamar sampai nata terbentuk.

Pemurnian *Nata de pina*

Pada larutan natrium hidroksida dengan konsentrasi 1% (w/v) *Nata de pina* direndam selama 24 jam pada suhu kamar. Selanjutnya *nata de pina* dinetralkan dengan cara direndam selama 24 jam pada larutan asam asetat 1% (v/v). Untuk memurnikan nata digunakan natrium hidroksida dan asam asetat sebanyak ± 1 Liter. Setelah itu, nata dicuci dengan air beberapa kali sampai pH nata nentral kemudian nata dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C sampai menjadi lembaran membran selulosa *nata de pina* (Aprilia, 2009).

Uji Swelling

Uji *swelling* dilaksanakan dengan menimbang massa membran sebelum dan setelah direndam dalam air. Untuk mendapatkan massa kering (W_k) maka membran yang dikeringkan pada suhu kamar kurang lebih selama 24 jam kemudian ditimbang. Massa basah (W_b) diperoleh dengan cara membran direndam selama 6 jam menggunakan air. (Fathural, 2017). Perhitungan uji swelling dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\%S = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Uji FTIR

Nata yang berbentuk lembaran dipotong sehingga terbentuk lembaran nata dengan ukuran 2 × 2 cm lalu nata dijepit dengan pinset. Kemudian nata diletakkan di dalam tempat sampel selanjutnya dimasukkan di dalam instrumen FTIR. Dengan menggunakan bilangan gelombang 450-4000 cm⁻¹ selanjutnya lampu dinyalakan tepat mengenai contoh.

Penentuan pH, Konsentrasi dan Waktu Kontak Zat Warna Remazol red RB Optimum

Membran nata berukuran kurang lebih 4x4 cm dengan massa yang sama, masing-masing dimasukkan kedalam zat warna remazol red RB dengan konsentrasi 60 mg/L sebanyak 50 mL pada pH berturut-turut 1, 2, 4, 7, 9 dan 11 dengan cara menambahkan HCl kemudian digoyang dengan shaker selama 120 menit. Membran dipisahkan dari larutan zat warna lalu dikeringkan. Larutan zat warna yang tersisa diukur konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis *Singel Beem* jenis Shimadzu UV mini-1240 pada panjang gelombang maksimum. pH yang menghasilkan daya serap adsorpsi optimum digunakan untuk menentukan konsentrasi optimum. Variasi waktu yang digunakan 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Hasil pH dan waktu kontak optimum yang diperoleh digunakan untuk menentukan konsentrasi optimum. Variasi konsentrasi adsorpsi remazol red RB pada pH optimum dan waktu kontak optimum berturut-turut adalah 10, 30, 60, 80 dan 100 mg/L.

Analisis Data

Data pH, konsentrasi dan waktu kontak optimum didapat dari kurva hubungan daya serap remazol red RB yang teradsorpsi dengan pH, konsentrasi dan lama waktu kontak. Nilai x/m dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{x}{m} = \frac{(C_0 - C_{st}) \times V}{m} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- x/m = massa zat warna teradsorpsi
- C₀ = konsentrasi awal zat warna
- C_{st} = konsentrasi setimbang zat warna
- V = Volume zat warna
- m = massa membran

Data karakteristik pola isoterm adsorpsi zat warna remazol red RB diperoleh dari data adsorpsi yang didapat dengan pengukuran diterapkan ke dalam persamaan linear isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Untuk mengetahui pola isoterm adsorpsi Langmuir diuji dengan persamaan:

$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{(x/m)_{mak}.k} + \frac{1}{(x/m)_{mak}} C \dots\dots\dots(3)$$

Untuk isoterm adsorpsi Freundlich digunakan persamaan:

$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = k + \frac{1}{n} \log C \dots\dots\dots(4)$$

Data adsorpsi yang didapat dari pola isoterm Langmuir dan Freundlich disajikan dalam bentuk kurva. Data daya adsorpsi maksimum zat warna remazol red RB yang teradsorpsi akan didapatkan dari karakteristik adsorpsi yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis membran nata de pina dari limbah kulit nanas

Nata de pina dari limbah kulit nanas berhasil disintesis menggunakan stater bakteri *Acetobacter xylinum* dalam proses fermentasi. Nata de pina yang diperoleh, berhasil dibentuk menjadi membran selulosa bakterial (Gambar 1) dari proses perendaman nata de pina selama 24 jam menggunakan larutan natrium hidroksida 1% (w/v) dan penetralan selama 24 jam menggunakan larutan asam asetat 1% (v/v).



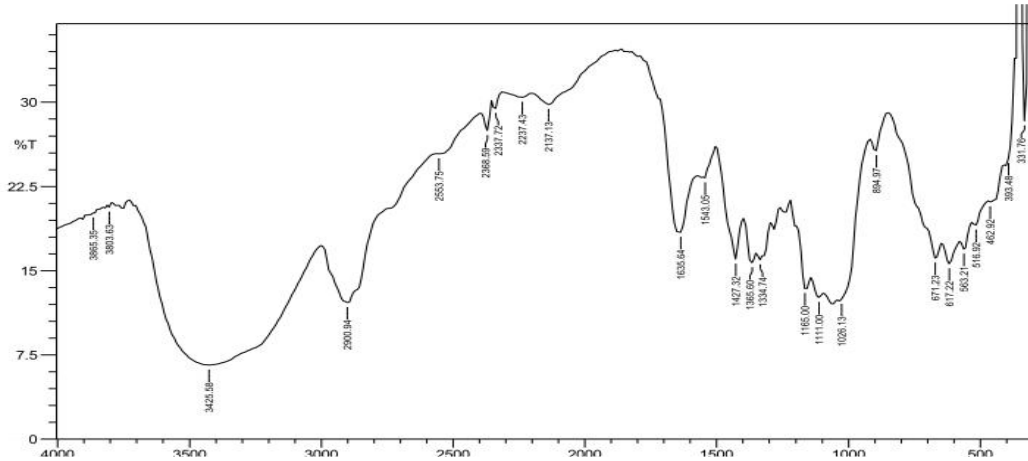
Gambar 1. Membran selulosa Nata de pina

Karakterisasi Membran Nata de pina Limbah Kulit Nanas

Karakterisasi membran nata de pina diperoleh dari hasil uji ketahanan pH, uji swelling dan uji FTIR. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil uji ketahanan pH

bahwa membran selulosa dari *nata de pina* tahan pada pH asam, netral maupun basa. Hal ini dapat dilihat dari tetap utuhnya membrane walaupun direndam pada larutan asam, basa dan netral. Sementara itu, pada uji *swelling* diperoleh hasil sebesar 187,9%. Dari analisis spektrofotometer Inframerah (IR) (Gambar 2) membran selulosa *nata de pina* menunjukkan adanya pembentukan membran selulosa yaitu terdeteksi pada bilangan gelombang 3425,58 cm^{-1} merupakan ulur

gugus fungsi -OH. Sementara itu, vibrasi ulur dan tekuk dari keberadaan gugus C-H ditunjukkan dengan puncak pada bilangan gelombang 2900,94 cm^{-1} dan 1427,32 cm^{-1} serta diperkuat dengan adanya bilangan gelombang pada 1635,64 cm^{-1} yang merupakan gugus C=O. bilangan gelombang 1365,60 cm^{-1} menunjukan gugus C-O ulur dan bilangan gelombang 1365,60 cm^{-1} mengindikasikan gugus fungsi -O-.

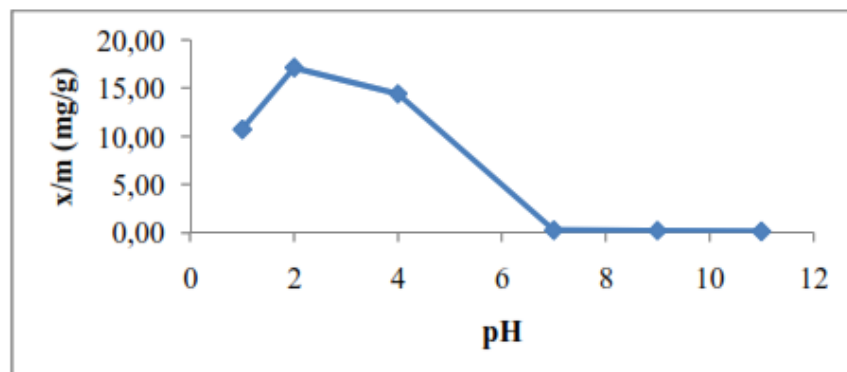


Gambar 2. Hasil uji gugus fungsi membran *nata de pinadengan* FTIR

pH, Konsentrasi dan Waktu Kontak Optimum zat warna *Remazol red RB* yang dapat diadsorpsi oleh membran *nata de pina*

Zat warna *remazol red RB* dapat teradsorpsi secara optimum pada sekitar pH 2

dengan adsorpsi zat warna sebesar 17,12 mg/g. Kurva hubungan antara konsentrasi zat warna *remazol red RB* yang teradsorpsi oleh membran selulosa *nata de pina* terhadap variasi pH dapat disajikan seperti pada Gambar 3.



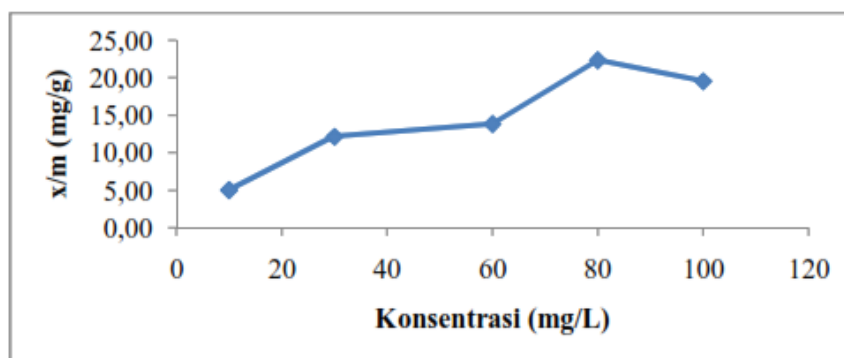
Gambar 3. Kurva hubungan antara daya serap zat warna *remazol red RB* yang teradsorpsi oleh membran *nata de pina* terhadap variasi pH.

Menurut Nasution (2015), perubahan distribusi muatan pada adsorben (*nata de pina*) dan zat warna *remazol red RB* sebagai

akibat terjadinya reaksi baik protonasi maupun deprotonasi gugus-gugus fungsional yang disebabkan oleh adanya perubahan pH

sistem. Pada pH 2 terjadi kenaikan adsorpsi hal ini dipengaruhi oleh ion H^+ pada *remazol red RB*. Zat warna awalnya dalam pH rendah (asam) akan terjadi deprotonasi (pelepasan H^+) dan kemudian ketika membran selulosa *nata de pina* dimasukkan kedalam larutan zat warna, permukaan aktif selulosa akan mengalami protonasi (penambahan H^+) terlebih dahulu, kemudian interaksi elektrostatis akan terjadi yang menyebabkan terjadinya perpindahan zat warna dalam larutan menuju ke permukaan selulosa *nata*

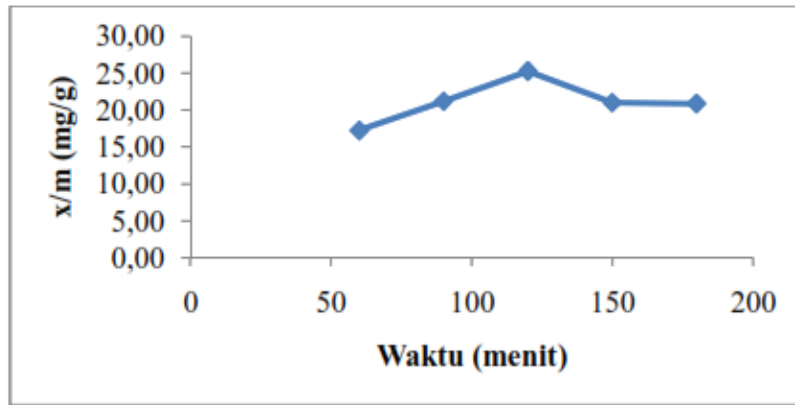
de pina (adsorben) terprotonasi (Magfiroh, 2016). Berdasarkan pH optimum adsorpsi zat warna *remazol red RB* yang di dapat, digunakan dalam penentuan konsentrasi optimum. Variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 10 – 100 mg/L. Kurva hubungan antara konsentrasi zat warna *remazol red RB* yang teradsorpsi oleh membran *nata de pina* terhadap variasi konsentrasi dapat disajikan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva hubungan antara daya serap zat warna *remazol red RB* yang teradsorpsi oleh membran *nata de pina* terhadap berbagai variasi konsentrasi.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa adsorpsi zat warna *remazol red RB* meningkat dari konsentrasi 10 mg/L dan optimum pada konsentrasi 80 mg/L, dengan daya serap sebesar 22,36 mg/g. Kemudian mengalami penurunan pada konsentrasi 100 mg/L. Penurunan ini terjadi karena semakin besar konsentrasi zat warna *remazol red RB* maka situs aktif pada selulosa yang dimiliki membran semakin jenuh. Adanya peningkatan konsentrasi menyebabkan, molekul zat warna cenderung membentuk agregat, sehingga difusi molekul zat warna dari larutan menuju permukaan adsorben terhambat (Yuanita, 2014). Hasil pH dan konsentrasi optimum digunakan dalam penentuan waktu kontak optimum. Degradasi optimum zat warna *remazol red RB*

berlangsung pada waktu kontak 120 menit, dengan adsorpsi zat warna sebesar 25,29 mg/g. Pada menit 150 adsorpsi mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan situs aktif pada membran mengalami kejenuhan. Semakin lama waktu kontak maka kemungkinan proses adsorpsi juga semakin meningkat, tetapi ketika kondisi setimbang telah tercapai adsorben cenderung melepas (desorpsi) zat warna sehingga persentase adsorpsi menjadi berkurang, ini menandakan membran selulosa *nata de pina* mengalami waktu jenuh (Nasution, 2015). Kurva hubungan antara konsentrasi zat warna *remazol red RB* yang teradsorpsi oleh membran selulosa *nata de pina* terhadap waktu kontak dapat disajikan seperti pada Gambar 5.



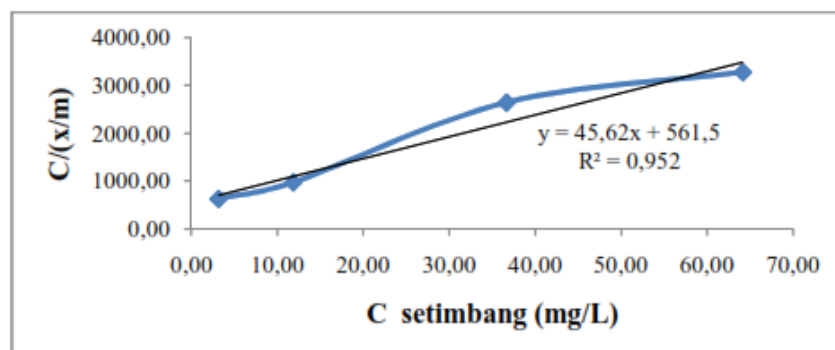
Gambar 5. Kurva hubungan antara daya serap zat warna *remazol red RB* yang teradsorpsi oleh membran *nata de pina* terhadap berbagai waktu kontak.

Pola isoterm adsorpsi zat warna *Remazol red RB*

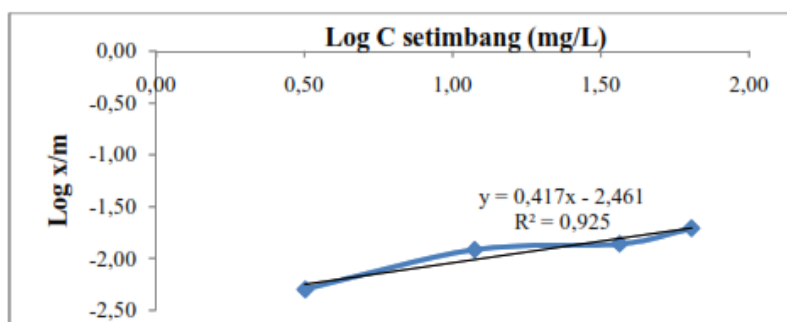
Daya adsorpsi maksimum zat warna *remazol red RB* oleh membran selulosa *nata de pina* ditentukan dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Dari data konsentrasi zat warna *remazol red RB* yang teradsorpsi oleh membran selulosa dapat dibuat kurva hubungan antara konsentrasi zat warna setimbang (C) terhadap konsentrasi zat warna setimbang dibagi massa zat warna teradsorpsi ($C/(x/m)$) dan kurva hubungan antara log konsentrasi zat warna setimbang ($\log C$) terhadap log massa zat warna teradsorpsi ($\log x/m$). Kurva hubungan antara konsentrasi zat warna setimbang (C) terhadap konsentrasi zat warna setimbang per massa zat warna teradsorpsi ($C/(x/m)$) disajikan pada Gambar

4 dan kurva hubungan antara $\log C$ terhadap $\log x/m$ disajikan pada Gambar 5. Daya adsorpsi maksimum zat warna *remazol red RB* oleh membran selulosa *nata de pina* diperoleh dari persamaan isoterm adsorpsi Langmuir. Diperoleh persamaan garis lurus isoterm adsorpsi Langmuir $y = 45,62x + 516,5$ yang memiliki *slope* (gradien) $1 / \left(\frac{x}{m}\right)_{maks} = 45,62$. Maka nilai

$\left(\frac{x}{m}\right)_{maks}$ diperoleh sebesar 0,0219 g/g atau 21,9 mg/g dengan nilai $R^2 = 0,952$. Hal ini menunjukkan daya adsorpsi maksimum zat warna *remazol red RB* menggunakan membran selulosa *nata de pina* sebesar 21,9 mg/g.



Gambar 6. Kurva Hubungan Antara Konsentrasi Setimbang (C) Terhadap $C/(x/m)$



Gambar 7. Kurva Hubungan antara log C terhadap log x/m

Dari nilai R^2 yang diperoleh, maka dapat dikatakan adsorpsi zat warna *remazol red RB* oleh membran mengikuti pola isoterm Langmuir dan tidak mengikuti pola isoterm Freundlich. Oleh karena itu, adsorpsi zat warna *remazol red RB* oleh adsorben membran dapat dikatakan terjadi pada lapisan monolayer baik secara fisik melalui pori-pori yang ada pada sisi permukaan adsorben, atau secara kimia melalui interaksi gugus hidroksi (-OH) yang ada pada selulosa dengan sisi aktif dari adsorbat (Crisyanti, 2018).

SIMPULAN

Sintesis membran *nata de pina* dari limbah kulit nanas berhasil dibuat dengan karakterisasi hasil uji swelling membran yang diperoleh sebesar 187,9%, dan hasil uji FTIR terdeteksi pada bilangan gelombang 3425,58 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus fungsi -OH ulur, munculnya bilangan gelombang 2900,94 cm^{-1} dan 1427,32 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus C-H dengan vibrasi ulur dan tekuk. Adanya gugus C=O ditunjukkan oleh adanya bilangan gelombang 1635,64 cm^{-1} , Bilangan gelombang 1111,00 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O ulur dan bilangan gelombang 1365,60 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus -O-. Adsorpsi zat warna *Remazol red RB* optimum oleh membran *nata de pina* terjadi pada kondisi pH 2 dengan daya serap sebanyak 17,12 mg/g, konsentrasi optimum pada 80 mg/L dengan daya serap sebanyak 22,36 mg/g dan waktu kontak optimum pada 120 menit dengan daya serap sebanyak 25,29 mg/L. Pola isoterm adsorpsi *Remazol red RB* oleh membran selulosa *nata de pina* memenuhi pola isoterm Langmuir. Kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 0,0219 g/g atau 21,9 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliyuddin, A., dan Wesen, P. 2018. Pengolahan Air Buangan Industri Batik Menggunakan Bioreaktor Hibrid Bermedia Bioball. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8(2): 78–87.
- Aprilia, L. 2009. *Preparasi Produk Nata de pina Dan Aplikasi Pengikatannya Terhadap Logam Kobalt(II)*. Institut Pertanian Bogor.
- Chrisyanti, Desriana, dkk. 2018. Blue Methylene Retrieval Using Silica-Salicylic Acid Modified Filtering. *Journal of Scientific and Applied Chemistry*, 21(1):19-23.
- Fathural, Baani, dkk. 2017. Pengaruh Agen Pencangkok Heparin Terhadap Kemampuan Transpor Kreatinin Dan Urea Membran Turunan Kitosan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(2): 92 -94.
- Hamad, Alwani, dkk. Potensi Kulit Nanas Sebagai Substrat dalam Pembuatan Nata de pina. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, 1(1): 9-14.
- Kementerian Perindustrian. 2017. Hingga Oktober 2017, Nilai Ekspor Batik Lampau USD 51 Juta. Dalam <http://www.kemenperin.go.id/artikel/18591/Hingga-Oktober2017,-Nilai-Ekspor-BatikLampau-USD-51-Juta>. Diakses pada tanggal 1 Desember 2018.
- Maghfiroh, Lailatul, dkk. 2016. Pengaruh pH Terhadap Penurunan Zat Warna Remazol Yellow FG oleh Adsorben Selulosa Bakterial Nata De Coco. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2):23373520.

- Nasution, Hasmalina, dkk. 2015. *Penentuan Waktu Kontak Dan pH Optimum Penyerapan Zat Warna Direct Yellow Menggunakan Abu Terbang ((Fly Ash) Batubara*. Universitas Tanjungpura, Pontianak, 747-756.
- Rukhmana, Arie Megha. 2012. *Membran Selulosa Berbahan Dasar Kulit Buah Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Biru Metilena*. Departemen Kimia, Institut Pertanian Bogor.
- Septiyani, Elda, dkk. 2017. *Penyisihan Kandungan Sulfida Dan Warna Dalam Limbah Industri Batik Berbahan Pewarna Dasar Remazol red RB.C.I. Reactive Red 198 Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1).
- Suprihatin, H. 2014. *Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya*. *Jurnal Kajian Lingkungan*. 2(2): 130-138.
- Yuanita, Dewi. 2014. *Penggunaan Lumpur Aktif Sebagai Material Untuk Biosorpsi Pewarna Remazol*. *Jurnal Molekul*, 9(2): 93-100.