

Penyerapan *Malachite Green* Menggunakan Selulosa Hasil Ekstrak Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana Colla*)

Dini Anggraini¹, Edi Nasra²

¹²Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang
e-mail: anggrainidini723@gmail.com¹, edinasra@fmipa.ump.ac.id²

Abstrak

Malachite green merupakan zat warna yang memiliki sifat karsinogenik dan dapat berpengaruh pada sistem kekebalan tubuh makhluk hidup. Kadar *Malachite green* yang diizinkan diperairan sekitar 0,01 ppm. Metode biosorpsi digunakan untuk menimalisir *Malachite green* menggunakan biosorben dari selulosa hasil ekstrak kulit pisang kepok. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kondisi optimum dan kapasitas penyerapan *Malachite green*. Hasil penelitian ini optimum pada pH 4, konsentrasi 140 ppm dan waktu kontak 30 menit dengan kapasitas serapan sebesar 27,8443 mg/g.

Kata Kunci : *Biosorpsi, Malachite Green, Selulosa, Kulit Pisang Kepok*

Abstract

Malachite green is a colorant that has carcinogenic properties and can affect the immune system of living creatures. The permissible level of malacite green is approximately 0.01 ppm. The biosorption method is used to mimic the Malachite green using the biosorbent of the cellulose extracted from the banana peel. The objective of this study is to determine the optimal condition and absorption capacity of Malachite green. The results of the study are optimum at pH 4, concentration of 140 ppm and contact time of 30 minutes with sorbtion capacities of 27,8443 mg/g.

Keywords : *Biosorption, Malachite Green, Cellulose, Kepok Banana Pell*

PENDAHULUAN

Zat warna merupakan salah satu produk industri yang biasa digunakan sebagai pewarna. Zat warna digunakan dalam beberapa industri seperti industri makanan, obat-batan, tekstil dan kosmetik (Nasra dkk., 2020). Zat warna yang biasa digunakan dalam beberapa industri tersebut selain memiliki manfaat juga memberikan dampak bagi lingkungan berupa limbah zat warna. Limbah zat warna merupakan limbah cair yang bersifat toksik, mutagenik dan karsinogenik yang biasanya mencemari perairan (Dwi Rha Hayu dkk., 2021). Limbah zat warna yang sering mencemari perairan adalah *Malachite green* (Nasra dkk., 2020).

Malachite green adalah warna dasar organik yang terbuat dari garam yang mengandung amino. *Malachite green* banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri karena memiliki warna terang dan harga yang relatif murah (Nasra dkk., 2020). Zat warna ini juga dapat menimbulkan dampak negatif karena dapat merusak kekebalan tubuh makhluk hidup, bersifat karsinogenik dan gemotoksik (Nasra dkk., 2020; Yonel dkk., 2021). Kadar *Malachite green* yang hanya diperbolehkan tersebar diperairan adalah sebesar 0,01 ppm (Yonel dkk., 2021).

Metode yang biasa digunakan dalam menanggulangi pencemaran oleh *Malachite green* adalah metode koagulasi, oksidasi, pertukaran ion, degradasi, filtrasi

dan metode fotokatalis. (Nasda dkk., 2023; Hermawan dkk., 2022). Beberapa metode ini memiliki kelemahan karena pada proses pengolahan butuh waktu yang lama dan juga kurang efisien. Penelitian sebelumnya melaporkan adanya metode baru yang lebih efisien dengan metode yang lebih sederhana yaitu biosorpsi (Nasda dkk., 2023)

Biosorpsi merupakan metode yang banyak digunakan dalam mengurangi pencemaran zat warna karena metode ini dianggap lebih ekonomis, mudah dalam pengoperasiannya, dapat didaur ulang serta lebih efisien. Metode ini dilakukan menggunakan biomassa yang banyak mengandung gugus fungsi yang biasa disebut dengan adsorben atau biosorben (Ulya dkk., 2022). Gugus fungsi tersebut berperan dalam mengikat biosorbat. Biosorben yang sering dimanfaatkan seperti kulit pisang kepok (*Musa balbisiana colla*), kulit lengkeng (*Euphoria logan lour*) dan kulit durian (*Durio zibethinus*) (Nasra dkk., 2020; Kurniawati dkk., 2019; Herlina dkk., 2023).

Biosorben yang dimanfaatkan pada proses biosorpsi berasal dari bahan biologis yang kaya akan selulosa (Akbar, 2022). Bahan biologis yang banyak mengandung selulosa salah satunya yaitu kulit pisang kepok (*Musa balbisiana colla*) (Daviya dkk., 2021). Pisang kepok termasuk salah satu jenis pisang yang memiliki buah yang besar, tekstur buah yang tidak mudah hancur dan berkulit tebal. Pisang kepok (*Musa balbisiana colla*) banyak digunakan oleh masyarakat sebagai bahan makanan sehingga banyak menghasilkan limbah kulit pisang (Arifiyana, 2020). Kulit pisang kepok mengandung selulosa sebesar 50% - 60% dan hemiselulosa 25% - 30% (Nasra dkk., 2020).

Selulosa termasuk salah satu polimer alami yang banyak ditemukan di alam (Analda Souhoka & Latupeirissa, 2018). Selulosa keberadaannya masih berbentuk lignoselulosa, sehingga tidak dapat ditemukan secara murni di alam. Lignoselulosa merupakan gabungan dari lignin, hemiselulosa dan selulosa. Selulosa dapat dipisahkan dari lignoselulosa dengan mengekstraknya untuk memisahkan antara selulosa, lignin dan hemiselulosa (Mulyadi, 2019).

METODE

Sampel pada penelitian ini menggunakan kulit pisang kepok (*Musa balbisiana colla*). Selulosa dari kulit pisang kepok diekstraksi dengan metode soxhlet yang digunakan untuk biosorben pada proses biosorpsi *Malachite green*.

Berikut prosedur kerja pada penelitian ini:

1. Preparasi sampel

Kulit pisang kepok dibersihkan dari kotoran, selanjutnya dipotong kecil-kecil. Potongan kulit pisang kepok dikeringkan dibawah sinar matahari selama \pm 6-7 hari, kemudian di oven pada suhu 70°C selama 2 jam sampai kadar airnya berkurang. Kulit pisang kepok tersebut selanjutnya diblender sampai halus hingga menjadi serbuk, lalu diayak menggunakan ayakan 180 mesh.

2. Ekstraksi selulosa kulit pisang kepok

Proses *Dewaxing* dilakukan dengan menimbang 30 gram serbuk kulit pisang kepok, kemudian diekstrak dengan alat soklet menggunakan etanol-toluena (1:2) pada temperatur 80°C selama 4 jam. Residu yang dihasilkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam, lalu ditimbang.

Proses *Delignifikasi* dilakukan dengan melarutkan residu bebas ekstraktif yang diperoleh menggunakan NaOH 4 % (1:10), kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam sambil diaduk. Larutan dibiarkan selama 24 jam dan disaring. Residu yang didapat dicuci dengan aquades hingga pH netral. Residu netral dioven pada suhu 60°C selama 4 jam, lalu ditimbang.

Proses *Bleaching* dilakukan dengan melarutkan hasil yang diperoleh dari tahap sebelumnya dengan menggunakan H₂O₂ 10% (1:10). Larutan kemudian dipanaskan pada suhu 60°C selama 2 jam. Residu selanjutnya dicuci dengan

aquades hingga pH netral. Residu netral dioven pada suhu 40°C selama 2 jam (Kunusa, 2017).

3. Karakterisasi

Selulosa yang diperoleh dari hasil ekstraksi dikarakterisasi menggunakan FT-IR (*Fourier Transform Infrared*). Spektrum hasil FT-IR selulosa hasil ekstraksi kemudian dibandingkan dengan selulosa komersial dan selulosa kulit pisang kepek yang telah dikontakkan dengan *Malachite green*. Tujuan dilakukan karakterisasi menggunakan menggunakan FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) untuk melihat gugus fungsi yang ada pada selulosa kulit pisang kepek.

4. Pengontakan selulosa dengan *Malachite green*

a. Variasi pH

Larutan *Malachite green* 100 ppm disiapkan sebanyak 25 mL dengan pH 2, 3, 4, 5 dan 6. Larutan tersebut dikontakkan menggunakan selulosa kulit pisang kepek sebanyak 0,1 gram, selanjutnya dishaker selama 30 menit dengan kecepatan 200 rpm dan disaring. Filtrat yang dihasilkan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis.

b. Variasi konsentrasi

25 mL larutan *Malachite green* pada pH optimum dengan konsentrasi 60, 80, 100, 120, 140 dan 160 ppm. Larutan tersebut dikontakkan dengan selulosa kulit pisang kepek sebanyak 0,1 gram, selanjutnya dishaker dengan kecepatan 200 rpm selama 30 menit dan kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis.

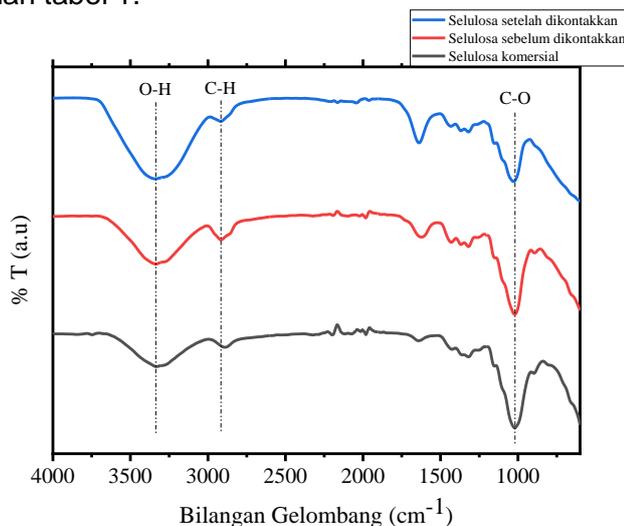
c. Variasi waktu kontak

25 mL larutan *Malachite green* pada pH dan konsentrasi optimum dikontakkan dengan selulosa kulit pisang kepek sebanyak 0,1 gram. Larutan tersebut dishaker selama 15, 30, 45, 60 dan 75 menit dengan kecepatan 200 rpm dan kemudian disaring. Filtrat yang dihasilkan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi FT-IR

Karakterisasi FT-IR salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada permukaan selulosa sebelum dan sesudah dikontakkan dengan *Malachite green* serta selulosa komersial sebagai pembandingan. Karakterisasi ini dilakukan pada bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} . Hasil FT-IR dapat dilihat pada gambar 1 dan tabel 1.



Gambar 1. Gabungan Spektrum FT-IR

Table 1. Daerah serapan inframerah selulosa kulit pisang kepok

Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi	Selulosa Komersial	Selulosa Hasil Ekstraksi	Selulosa Setelah Dikontakkan
O-H <i>stretching</i>	3332,56 cm ⁻¹	3335,99 cm ⁻¹	3339,34 cm ⁻¹
C-H <i>stretching</i>	2890,86 cm ⁻¹	2916,12 cm ⁻¹	2918,06 cm ⁻¹
O-H <i>bending</i>	1640,90 cm ⁻¹	1623,28 cm ⁻¹	1638,63 cm ⁻¹
C-H <i>bending</i>	1319,51 cm ⁻¹	1319,66 cm ⁻¹	1367,89 cm ⁻¹
C-O	1021,36 cm ⁻¹	1021,09 cm ⁻¹	1028,99 cm ⁻¹

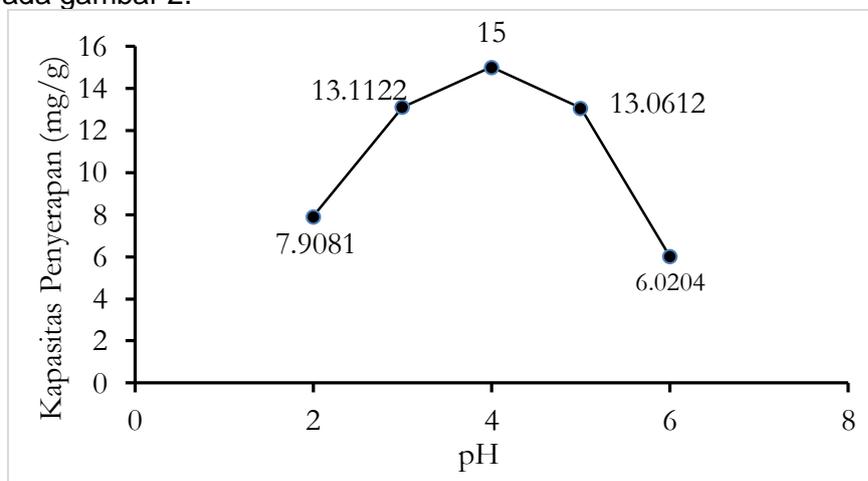
Spektra selulosa komersial menunjukkan adanya gugus O-H dan C-H (*stretching*) pada bilangan gelombang 3332,56 cm⁻¹, 2890,86 cm⁻¹, terdapat gugus OH dan C-H (*bending*) muncul pada bilangan gelombang 1640,90 cm⁻¹, 1319,51 cm⁻¹ serta gugus C-O muncul pada bilangan gelombang 1021,36 cm⁻¹. Hasil identifikasi tersebut menunjukkan munculnya gugus O-H, C-H, dan C-O-C yang merupakan gugus utama penyusun selulosa (Akbar & Nasra, 2021).

Spektra selulosa sebelum dikontakkan dengan *Malachite green* menunjukkan terdapatnya gugus yang sama dengan hasil identifikasi selulosa komersial seperti munculnya gugus O-H, C-H dan C-O. Spektra tersebut menunjukkan bahwa selulosa hasil ekstraksi sudah tidak terdapat lignin dan hemiselulosa yang ditandai dengan tidak munculnya gugus C=C (lignin) pada bilangan gelombang 1509-1609 cm⁻¹ dan hemiselulosa pada bilangan gelombang 1700-1740 cm⁻¹ (Mohamad Haafiz dkk., 2016).

Spektra terakhir yaitu selulosa kulit pisang kepok setelah dikontakkan dengan *Malachite green*. Spektra tersebut menunjukkan terjadinya pergeseran nilai transmitan dan bilangan gelombang. Pergeseran bilangan gelombang pada gugus O-H (*stretching*) dari 3332,56 cm⁻¹ menjadi 3339,34 cm⁻¹ dengan nilai transmitannya dari 71,70% bergeser menjadi 33,35%. Pergeseran yang terjadi tersebut menandakan bahwa terjadinya interaksi antara sisi aktif selulosa kulit pisang kepok dengan *Malachite green* (Tanasal dkk., 2015)

B. pH Optimum Penyerapan *Malachite green*

Penentuan pH merupakan peran penting yang dapat mempengaruhi kapasitas penyerapan, derajat ionisasi dan jenis muatan zat warna pada permukaan biosorben. Kapasitas penyerapan dipengaruhi oleh interaksi antara molekul biosorbat dengan biosorben yang disebabkan oleh kehadiran hidrogen (H⁺) dan ion hidroksil (OH⁻) (Indriyani dkk., 2023). Penentuan pH optimum dilakukan pada pH 2, 3, 4, 5 dan 6 yang ditunjukkan pada gambar 2.



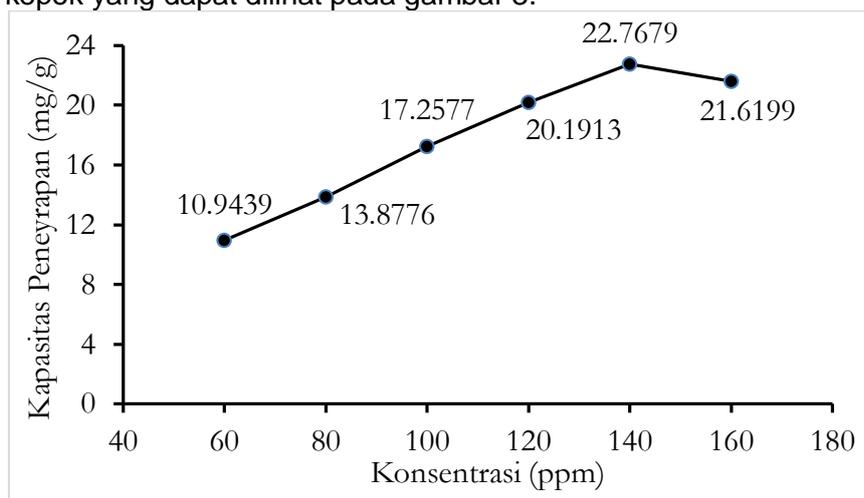
Gambar 2. Optimasi pH

Gambar 2 menunjukkan bahwa kondisi optimum terjadi pada pH 4 dengan kapasitas serapan sebesar 15 mg/g dengan persentase serapan sebesar 60,65%. Kondisi ini terjadi karena ion H^+ yang ditambahkan mampu ditangkap oleh zat warna, sehingga terjadi kesetimbangan antara zat warna dengan ion H^+ didalam larutan. Kapasitas penyerapan pada pH 2 dan pH 3 terjadi sebesar 7,9081 mg/g dan 13,1122 mg/g. Rendahnya penyerapan pada pH 2 dan pH 3 terjadi karena pengaruh ion H^+ dari HNO_3 lebih banyak di dalam larutan sehingga interaksi antara biosorbat dengan sisi aktif biosorben sedikit (Astuti dkk., 2019). Ion *Malachite green* tolak-menolak dengan ion H^+ , sehingga molekul *Malachite green* bersaing dengan ion H^+ untuk berikatan dengan permukaan selulosa yang menyebabkan rendahnya penyerapan.

Penurunan penyerapan juga terjadi pada pH 5 dan 6 dengan kapasitas penyerapan sebesar 13,0612 mg/g dan 6,0204 mg/g. Kondisi ini terjadi karena adanya ion OH^- yang banyak dalam larutan yang akan menghambat penyerapan zat warna. Ion OH^- yang bebas di dalam larutan akan berkompetisi dengan zat warna untuk menempati permukaan biosorben sehingga zat warna sulit masuk dan terserap ke dalam biosorben (Baunsele dkk., 2023).

C. Konsentrasi Optimum Penyerapan *Malachite green*

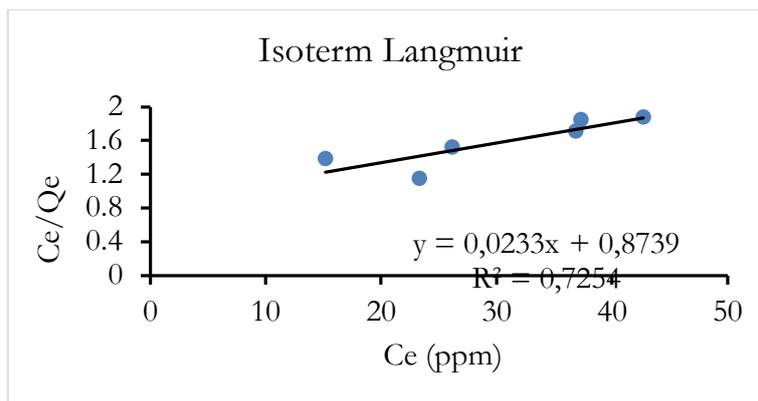
Penentuan konsentrasi digunakan untuk mengetahui kapasitas penyerapan zat warna oleh biosorben. Variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 60, 80, 100, 120, 140 dan 160 ppm. Pengaruh variasi konsentrasi *Malachite green* menggunakan selulosa kulit pisang kepek yang dapat dilihat pada gambar 3.



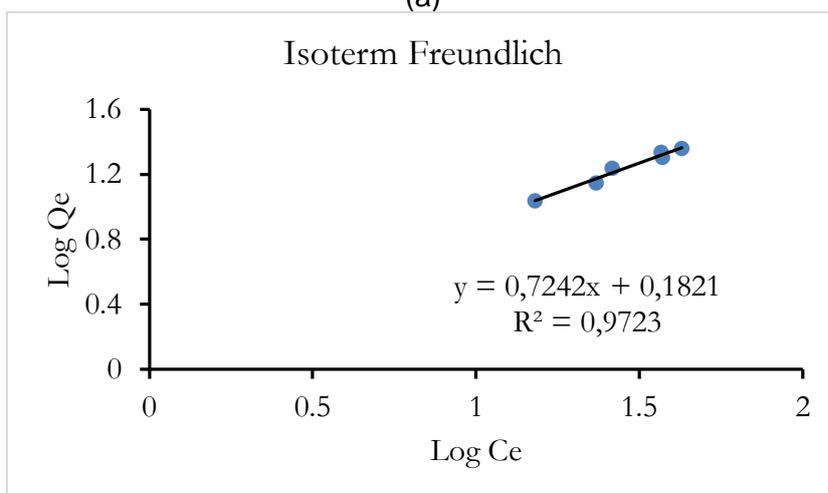
Gambar 3. Optimasi Konsentrasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada konsentrasi 60 sampai 120 ppm penyerapan mengalami peningkatan. Peningkatan penyerapan terjadi karena jumlah ikatan antara situs aktif dengan ion *Malachite green* mengalami penambahan dan penyerapan mengalami penurunan pada konsentrasi 160 ppm karena situs aktif tersebut sudah jenuh. Penyerapan optimum terjadi pada konsentrasi 140 ppm dengan kapasitas penyerapan sebesar 22,7678 mg/g dengan persentase serapan sebesar 68,07%. Kondisi ini terjadi karena situs aktif selulosa kulit pisang kepek dengan ion *Malachite green* mengalami kesetimbangan dalam larutan (Nasra dkk., 2021; Parlayıcı & Pehlivan, 2021).

Kapasitas penyerapan dengan konsentrasi digunakan untuk mengetahui model isoterm adsorpsi. Model isoterm adsorpsi bertujuan untuk mengetahui sifat biosorpsi dan interaksi yang terjadi antara biosorben dengan biosorbat yang telah terikat (Al-Ghouti & Da'ana, 2020). Model isoterm adsorpsi yang diujikan pada penelitian ini yakni isoterm Langmuir dan Freundlich yang ditunjukkan pada gambar 4.



(a)



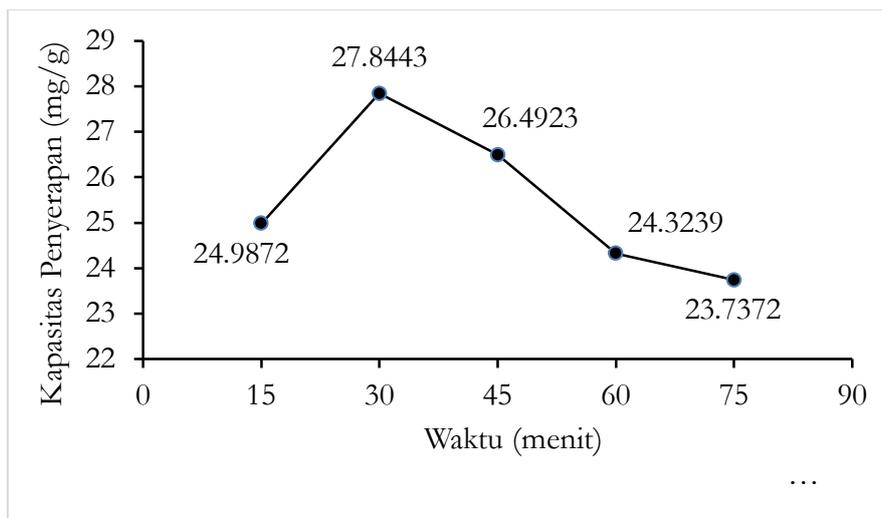
(b)

Gambar 4. Isoterm Adsorpsi

Gambar 4 menunjukkan bahwa isoterm Langmuir memiliki nilai koefisien kolerasi (R^2) lebih kecil dari isoterm Freundlich. Nilai R^2 isoterm Langmuir sebesar 0,7254 sedangkan isoterm Freundlich sebesar 0,9723 (mendekati 1). Kondisi ini menunjukkan bahwa penyerapan terjadi secara fisika, bersifat heterogen dan terbentuknya lapisan multilayer pada permukaan biosorben (Nasra dkk., 2020).

D. Waktu Kontak Optimum Penyerapan *Malachite green*

Penentuan waktu kontak merupakan parameter penting yang dapat mempengaruhi kapasitas penyerapan pada proses biosorpsi. Semakin lama waktu kontak maka laju proses biosorpsi semakin meningkat hingga titik kesetimbangan (Nasda dkk., 2023). Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan *Malachite green* dapat ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Optimasi Waktu Kontak

Gambar 5 menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada waktu kontak 30 menit dengan kapasitas serapan sebesar 27,8443 mg/g dengan presentase serapan yaitu 80,67 %. Kondisi ini menunjukkan bahwa ion *Malachite green* dengan sisi aktif selulosa mengalami kesetimbangan. Waktu kontak 15 menit sampai 30 menit mengalami peningkatan karena ion *Malachite green* masih dapat terikat oleh sisi aktif yang terdapat pada selulosa kulit pisang kepok. Penurunan kapasitas penyerapan terjadi pada waktu kontak 45 menit hingga 75 menit karena ion *Malachite green* yang terikat akan terjadi pelepasan kembali ke dalam larutan atau mengalami desorpsi. Desorpsi disebabkan oleh situs aktif pada biosorben telah jenuh dan tidak mampu lagi menyerap biosorbat karena seluruh situs aktif biosorben sudah mengikat biosorbat dalam larutan (Nasda dkk., 2023; Febriani dkk., 2022).

Penyerapan *Malachite green* menggunakan selulosa hasil ekstrak dari kulit pisang kepok mempunyai kapasitas serapan yang lebih tinggi yaitu sebesar 27,8443 mg/g dibandingkan dengan menggunakan kulit pisang kepok (Nasra dkk., 2020) dan karbon aktif dari kulit pisang kepok (Yonel dkk., 2021) yaitu sebesar 7,2910 mg/g dan 9,2429 mg/g. Berdasarkan perbandingan tersebut dapat dinyatakan bahwa penyerapan menggunakan selulosa hasil ekstrak dari kulit pisang kepok lebih baik dalam menyerap *Malachite green*.

SIMPULAN

Kapasitas serapan *Malachite green* menggunakan selulosa kulit pisang kepok optimum pada pH 4, konsentrasi 140 ppm dan waktu kontak 30 menit serta kapasitas serapan yaitu sebesar 27,8443 mg/g dengan persentase serapan sebesar 80,67%.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. A. (2022). Biosorpsi Ion Logam Cr(VI) dalam Larutan Menggunakan Biosorben Selulosa Hasil Isolasi Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*). *Universitas Negeri Padang*
- Akbar, F. A., & Nasra, E. (2021). Pengaruh pH pada Biosorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Selulosa Hasil Isolasi Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(1), 1–6.
- Al-Ghouti, M. A., & Da'ana, D. A. (2020). Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 393, pp. 2–22). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122383>
- Analda Souhoka, F., & Latupeirissa, J. (2018). Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate (CA). In *J. Chem. Res* (Vol. 5, Issue 2).

- Arifiyana, D. (2020). Biosorpsi Logam Besi (Fe) Dalam Media Limbah Cair Artifisial Menggunakan Biosorben Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*). *Jurnal Kimia Riset*, 9(1), 1-8
- Astuti, W., Megawati, Mahardhika, M. A., Putri, D. A., Rohman, M., Sihab, M. F., Sulistyarningsih, T., Hidayah, M., Fitriana, L., & Irchamsyah, E. F. (2019). Application of kepok banana peel activated carbon prepared by conventional and microwave heating for *Malachite green* adsorption. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 625(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/625/1/012025>
- Baunsele, A. B., Boelan, E. G., Kopon, A. M., Taek, M. M., Tukan, G. D., & Missa, H. (2023). The Penggunaan Sabut Kelapa Teraktivasi NaOH sebagai Adsorben Metilen Biru. Kovalen: *Jurnal Riset Kimia*, 9(1), 43–54. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2023.v9.i1.16274>
- Daviya, M., Fauzi, N., Nasra, E., Amran, A., & Khair, M. (2021). Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana Colla*). *Chemistry Journal*, 10. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Dwi Rha Hayu, L., Nasra, E., Azhar, M., & Benti Etika, S. (2021). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr.*). *Chemistry Journal*, 10. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Febriani, A., Umara, S. A., Nursa'adah, E., & Firdaus, M. L. (2022). Kapasitas Adsorpsi Zat Warna *Malachite Green* dan Violet Dye Menggunakan Metal Organic Frameworks (Fe-BDC). *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 10(2), 61–72. <http://ojs.undikma.ac.id/index.php/hydrogen/>
- Herlina, R., Nasra, E., Zainul, R., & Sari, T. K. (2023). Pengaruh Massa Adsorben pada Biosorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Selulosa dari Kulit Durian (*Durio zibethinus L.*). *Chemistry Journal of Universitas*, 12(2). <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Hermawan, R., Nasra, E., Putra, A., & Benti Etika, S. (2022). Optimasi pH dan Ukuran Partikel Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana Colla*) Terhadap Penyerapan Zat Warna Methylene Blue. *Chemistry Journal*, 11(2). <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Indriyani, D., Nasra, E., Oktavia, B., Parbuntari, H., & Kurniawati, D. (2023). Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Ion Logam Pb 2+ Menggunakan Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*). *Chemistry Journal of Universitas*, 12(2), 11–15. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Kunusa, W. R. (2017). Kajian Tentang Isolasi Selulosa Mikrokrystalin (SM) dari Limbah Tongkol Jagung. *Entropi*, 12(1), 105-108
- Kurniawati, D., Puja, Bahrizal, Nasra, E., & Salmariza, S. (2019). Reduction of lead (II) from aqueous solution by biosorbent derived from lengkeng (*euphoria logan lour*) shell with batch method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012026>
- Mohamad Haafiz, M. K., Hassan, A., Arjmandi, R., Zakaria, Z., Marlina, M. M., Syakir, M. I., & Nurul Fazita, M. R. (2016). Microcrystalline cellulose from oil palm empty fruit bunches as filler in polylactic acid. *Polymers and Polymer Composites*, 24(9), 675–680. <https://doi.org/10.1177/096739111602400901>
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi dan Karakterisasi Selulosa : Review. *Jurnal Sainatika Unpam*, 1(2), 177–182.
- Nasda, M., Kurniawati, D., & Nasra, E. (2023). Pengaruh Waktu Kontak dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyerapan Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Biosorben Kulit Matoa (*Pometia pinnata*). *Periodic*, 12(2), 58–62.
- Nasra, E., Kurniawati, D., Etika, S. B., Silvia, R., & Rahmatika, A. (2021). Effect of pH and Concentration on Biosorption *Malachite Green* and Rhodamine B Dyes using

- Banana Peel (*Musa balbisiana colla*) as Biosorbent. *Journal of Physics: Conference Series*, 1788(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1788/1/012003>
- Nasra, E., Oktavia, B., & Benti Etika, S. (2020). Penyerapan Zat Warna *Malachite Green* Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana colla*) Sebagai Biosorben Dengan Metode Batch. *Periodic*, 9(2), 71–75. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Parlayıcı, Ş., & Pehlivan, E. (2021). Biosorption of methylene blue and *Malachite green* on biodegradable magnetic *Cortaderia selloana* flower spikes: modeling and equilibrium study. *International Journal of Phytoremediation*, 23(1), 26–40. <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1788502>
- Tanasal, A. M., Nafie, N. La, & Taba, P. (2015). Biosorption Of Cd(li) Ion By Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Akta Kimia Indonesia (Indonesia Chimica Acta)*, 8(1), 18–30.
- Ulya, A., Nasra, E., Amran, A., & Kurniawati, D. (2022). Adsorpsi Zat Warna Rhodamine B dengan Karbon Aktif Kulit Durian Sebagai Adsorben. *Periodic*, 11(2), 74–77.
- Yonel, S. H., Nasra, E., Oktavia, B., & Etika, S. B. (2021). Optimasi Penyerapan Zat Warna *Malachite green* Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana colla*). *Periodic*, 10(2), 28–32.