

Pengaruh Waktu Kontak dan Kecepatan Pengadukan dengan Metode Batch Terhadap Penyerapan Zat Warna Methyl Orange Pada Biji Kelengkeng

Nada Frista¹, Desy Kurniawati^{2*}, Indang Dewata³, Hardeli⁴

^{1,2,3}Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang
e-mail: nadafrista.3@gmail.com

Abstrak

Methyl orange merupakan salah satu zat warna yang sering dimanfaatkan dalam industri tekstil maupun kegiatan laboratorium, Zat warna ini tergolong kedalam zat warna anionik dengan ambang batas berkisar 5-10 mg/L dalam perairan, untuk mengurangi limbah zat warna ini perlu dilakukan beberapa upaya, salah satunya yaitu adsorpsi dengan metode *batch*. Pada pengujian ini memanfaatkan biji kelengkeng sebagai adsorbennya yang telah teraktivasi dengan HNO₃ 0,01 M untuk menyerap zat warna *Methyl orange*. Pemilihan biji kelengkeng sebagai adsorben ini didasarkan karena mengandung gugus fungsi yang telah teridentifikasi pada hasil spektrum FTIR seperti O-H, C-H, C=O, dan C-O gugus fungsi ini yang dapat mengikat zat warna *Methyl orange*. Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai kapasitas penyerapan sebesar 4,63 mg/g dalam keadaan optimum proses adsorpsi pada pH 3, konsentrasi larutan *Methyl Orange* 80 ppm, ukuran partikel 150 µm, waktu kontak 150 menit dan kecepatan putaran pengadukan 200 rpm yang terukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 465 nm.

Kata kunci: *Zat Warna Methyl Orange, Adsorpsi, Metode Batch, Biosorben Biji Kelengkeng, Kapasitas Penyerapan.*

Abstract

Methyl orange is a dye that is often used in the textile industry and laboratory activities. This dye is classified as an anionic dye with a threshold of around 5-10 mg/L in waters. To reduce waste of this dye, several efforts need to be made, one the other is adsorption using the batch method. In this test, longan seeds were used as an adsorbent which had been activated with 0.01 M HNO₃ to absorb the dye Methyl orange. The choice of longan seeds as an adsorbent was based on the fact that they contain functional groups that have been identified in the FTIR spectrum results such as O-H, C-H, C=O, and C-O. These functional groups can bind the dye Methyl orange. From the results of this research, an absorption capacity value of 4.63 mg/g was obtained in the optimum conditions of the adsorption process at pH 3, Methyl Orange

solution concentration of 80 ppm, particle size of 150 μm , contact time of 150 minutes and stirring rotation speed of 200 rpm as measured using a spectrophotometer. UV-Vis at a wavelength of 465 nm.

Keywords : *Methyl Orange Dyes, Adsorption, Batch Method, Longan Seed Biosorbent, Absorption Capacity.*

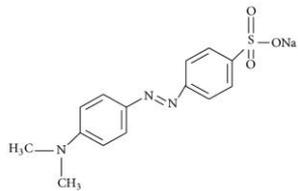
PENDAHULUAN

Industri di Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang cukup pesat dan diimbangi dengan teknologi yang ada. Dengan adanya perkembangan ini, bukan hanya membawa dampak yang positif melainkan juga dampak negatif. Dampak positifnya dapat memenuhi kebutuhan manusia yang semakin meningkat dengan mengikuti perkembangan zaman dari waktu ke waktu, sedangkan dampak negatifnya yaitu menghasilkan limbah sebagai hasil aktivitas industri, baik berupa limbah cair, padat maupun gas. Industri yang mengalami perkembangan saat ini salah satunya dibidang pewarnaan. (Method et al., 2014).

Pewarna tekstil merupakan contoh dari pencemaran organik yang memiliki sifat *Non-biodegradable*. Pada industri tekstil, zat warna sebagian besar dihasilkan menggunakan kombinasi senyawa azo dan turunannya, yaitu senyawa benzena. Gugus benzena merupakan salah satu contoh senyawa yang sangat sulit untuk didegradasi, meskipun memungkinkan untuk didegradasi akan memerlukan waktu yang sangat panjang. Senyawa yang banyak terkandung dalam limbah zat warna adalah senyawa azo yang terdapat 60 – 70% (Endang, 2006).

Salah satu zat warna tekstil yang sering digunakan adalah zat warna azo, seperti Methyl orange. Zat warna Methyl Orange mempunyai rumus molekul $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$, biasa digunakan sebagai indikator dalam proses titrasi karena warnanya dapat berubah jernih. Methyl Orange diketahui mempunyai Sifat karsinogenik yang dapat menimbulkan rasa *hypersensitivity* dan alergi (sitepu, 2016). Methyl Orange merupakan warna anionik atau biasa disebut zat warna asam bersifat korosif yang biasa digunakan untuk indikator pada titrasi dan juga sering ditemukan pada limbah industri tekstil (Irak, 1993).

Table 1. Karakteristik Zat Warna

Zat kimia Anionik	Struktur molekul	Rumus kimia
<i>Methyl Orange</i>		$\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$ S

Untuk menghilangkan zat warna dari limbah pencemaran air ada beberapa upaya yang dapat dilakukan, seperti penanganan secara biologis, adsorpsi, oksidasi

kimia, koagulasi dan osmosis balik. Pada penelitian ini, menggunakan teknik adsorpsi, karena tidak memerlukan biaya besar, mudah dalam penerapannya, menggunakan adsorben yang ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi ekosistem. Metode adsorpsi merupakan suatu teknik ilmiah yang melibatkan adsorben sebagai penyerap terhadap zat pencemar (adsorbat) pada sampel yang diuji. Proses adsorpsi adalah terjadinya interaksi pada permukaan biosorben dengan adsorbat. Adsorben biasanya digunakan dari bahan alami dan dapat disintesis seperti, karbon aktif, silika aktif, alumina aktif, zeolit, dan polimer merupakan adsorben yang paling sering digunakan. Selain adsorben ini, beberapa penelitian telah dilakukan untuk menghasilkan adsorben alternatif yang berasal dari limbah berbagai macam sektor (Ramadhani et al., 2019).

Pada penelitian ini, biji kelengkeng digunakan sebagai adsorben karena biji kelengkeng adalah salah satu buah yang memiliki keunggulan pada bidang kesehatan serta dapat ditemukan secara efektif di semua musim dan kelengkeng juga mengandung campuran bioaktif dalam jumlah tinggi, seperti asam fenolat, flavonoid dan polisakarida (Rakariyatham et al., 2021).



Gambar 1. Biji Kelengkeng (Kurniawati et al., 2019)

Proses penyerapan zat warna pada penelitian ini menggunakan biji kelengkeng sebagai biosorben untuk menyerap zat warna Methyl Orange dengan bantuan instrument FTIR yang dapat mengidentifikasi gugus fungsi dari sampel yang dianalisis dan instrument UV-VIS yang bertujuan untuk mengukur banyaknya radiasi ultraviolet dan sinar tampak yang dapat dikserap pada suatu senyawa terhadap unsur frekuensi radiasi (Darwis & Khaeroni, 2017).

METODE

Alat dan Bahan

1. Alat

Pada penelitian ini menggunakan beberapa alat yaitu pH meter (HI2211), peralatan gelas, neraca analitik (ABS 220-4), kertas saring, magnetic stirrer (MR Hei Standard), *shaker* (model: VRN-480), ayakan (BS410), botol semprot, instrument yang digunakan adalah FTIR (*Fourier Transform InfraRed*) tipe perkin elmer universal ATL Sampling

Accesor 735 B serta Spektrofotometer UV-Visibel.

2. *Bahan*

Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kelengkeng, larutan zat warna *Methyl orange* 1000 mg/L, aquades, HNO₃, 0,01, 0,1, dan 0,5 M, dan NaOH 0,01, 0,1 dan 0,5 M.

Prosedur Penelitian

1. *Pembuatan Larutan Induk Methyl Orange 1000 mg/L*

Timbang 0,5 gram Methylene orange, larutkan dengan aquades pada gelas kimia, lalu masukkan ke labu ukur 500 mL, selanjutnya tambahkan aquades hingga tanda batas dan homogenkan larutan.

2. *Pembuatan Larutan Asam Nitrat (HNO₃) 0,1M*

Pipet 0,7 mL larutan HNO₃ 65%, lalu masukkan dalam labu ukur 100 mL yang telah diisi sedikit aquades. Kemudian tambahkan aquades hingga tanda batas dan homogenkan. Kemudian simpan larutan dalam botol reagen.

3. *Preparasi Sampel*

Bersihkan biji kelengkeng dari kotoran, cuci dengan aquades, dan keringkan selama ± 1 minggu menggunakan sinar matahari tidak langsung. Potong sampel dan haluskan dengan menggunakan glinder, lalu pisahkan ukuran sampel dengan ayakan pada ukuran 106, 150, 250, dan 425 μm. Aktivasi 20 gram biji kelengkeng dengan HNO₃ 0,01 M selama 2 jam, kemudian cuci dengan aquades hingga netral, lalu keringkan.

4. *Penentuan kurva standar Methylene Orange*

Buat deret standar 2,4,6,8,10 ppm dari larutan Methylene orange 50 ppm lalu ukur nilai absorbansi dengan UV-Vis.

5. *Penentuan λ maksimum*

Siapkan larutan zat warna Methylene blue dengan konsentrasi 6 ppm, diukur dengan spektronik dengan interval lamda (λ) 400-800 cm⁻¹ dan didapatkan λ maksimum zat.

6. *Perlakuan dengan system batch*

a. *Pengaruh waktu kontak*

Kontakkan 0,2 gram biji kelengkeng dengan 25 ml larutan *Methyl orange* pada pH 5, konsentrasi dan ukuran optimum menggunakan sistem *batch*. Larutan pada kecepatan putaran 200 rpm selama 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit. Saring larutan dan tampung filtratnya, lalu ukur dengan spektrofotometer UV-Vis.

b. *Pengaruh kecepatan pengadukan*

Kontakkan 0,2 gram biji kelengkeng dengan 25 mL larutan Methylene blue pada pH 5, konsentrasi 550 ppm dan ukuran optimum menggunakan sistem *batch*. Shaker larutan pada kecepatan putaran pengadukan 50, 100, 150, 200, 250 rpm selama waktu 150 menit. Saring larutan dan tampung filtratnya, lalu ukur dengan spektrofotometer UV-Vis..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi dan Karakterisasi Biosorben Biji Kelengkeng

Preparasi adalah tahapan awal dan salah satu poses penting yang dilakukan dalam sebuah penelitian. Pada penelitian ini, proses preparasi adsorben menggunakan biji kelengkeng dilakukan dengan beberapa tahap, tahap pertama yaitu tahapan pencucian dan pengeringan sampel biji kelengkeng, tujuan dari tahapan ini untuk membersihkan kotoran yang ada pada biji kelengkeng serta mengurangi kadar air sehingga diharapkan biji kelengkeng lebih mudah untuk dihaluskan.

Pada proses pengeringan sampel dapat dilakukan dengan berberapa cara yaitu dengan menjemur sampel pada sinar matahari secara langsung atau mengering anginkannya tanpa bantuan sinar matahari dan menggunakan oven. Pada penelitian ini, Proses pengeringan dilakukan dengan mengering-anginkan tanpa bantuan sinar matahari untuk mencegah hilangnya senyawa organik pada sampel. Senyawa organik ini mengandung gugus fungsi yang nantinya akan dimanfaatkan sebagai penyerap adsorbat dalam larutan ke permukaan adsorben dalam proses adsorpsi (Damayanti et al., 2014).

Tahap kedua yaitu perajangan atau penghalusan biji kelengkeng yang bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel adsorben. Tahapan ini merupakan salah satu tahapan yang cukup penting dalam proses adsorpsi nantinya, karena ukuran partikel adsorben akan mempengaruhi kapasitas serapan jika adsorben yang diggunakan semakin kecil maka luas permukaannya semakin besar. Tahapan ketiga yaitu aktivasi, pada tahapan ini memanfaatkan reagen asam yaitu HNO₃ 0,01M sebagai larutan aktivasi, yang bertujuan untuk memperbesar volume dan diameter pori serta juga dapat melarutkan zat pengotor pada permukaan adsorben. Reagen HNO₃ ini digunakan sebagai aktivator karena larutan HNO₃ bersifat oksidator yang kuat dan dapat mengoksidasi adsorben, sehingga permukaan adsorben akan rusak dan terbentuklah pori-pori baru dan juga diharapkan dapat memperbesar diameter pori-pori pada adsorben yang dapat meningkatkan daya adsorpsi. Tahapan terakhir yaitu proses penetralan, dengan menggunakan sampel yang telah diaktivasi dan dilakukan pengeringan, yang bertujuan agar sisa reagen aktivator yang ada di adsorben diharapkan dapat hilang dan membuat permukaan adsorben menjadi tidak bermuatan, sedangkan pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air sisa yang ada pada adsorben yang dapat menurunkan kualitas adsorben, selain itu kandungan air yang tersisa juga dapat menurunkan daya serap pada proses adsorpsi nantinya.

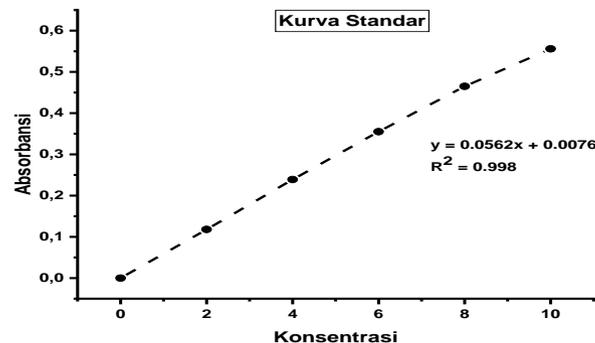
Penentuan Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks}) dan Kurva Standar

Panjang gelombang maksimum adalah daerah serapan (absorbansi) terbesar dan dipengaruhi oleh warna larutan, penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan menggunakan bantuan instrument UV-Vis (Imaniyah, 2022). Panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) dapat dilihat dari daerah serapan nilai absorbansi tertinggi larutan zat warna *Methyl orange* yang telah diukur dari rentang 325 hingga 1100 nm dengan menggunakan larutan *Methyl orange* 6 ppm didapatkan λ

maks pada spektrofotometer UV-Vis ini yang diperoleh adalah 465 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,355 A.

Penentuan Kurva Standar

Pada proses pengukuran analit digunakan kurva standar sebagai acuan dalam proses pengukuran analit. Syarat agar kurva tersebut dapat digunakan yaitu dengan memiliki nilai korelasi (R^2) dalam rentang 0,998. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.



Gambar 2. Kurva Standar Larutan *Methyl orange*

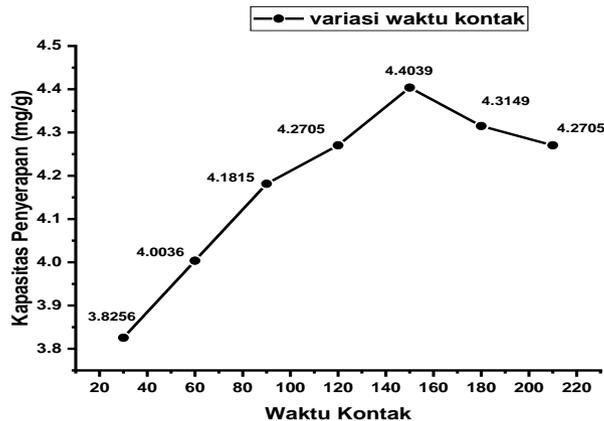
Kurva standar ini dibuat untuk melihat hubungan antara adsorbansi dan konsentrasi apakah telah sesuai dengan hukum lambert beer yang berlaku atau tidak. Hubungan antara adsorbansi ini berbanding lurus dengan konsentrasi larutan dan berbanding terbalik dengan transmittan. Semakin tinggi nilai adsorbansi yang diperoleh maka semakin besar pula konsentrasi dari larutan analit dan cahaya yang ditransmisikan semakin kecil (Maulina et al., 2014). Pada kurva standar ini, sumbu X merupakan konsentrasi dan sumbu Y adalah adsorbansi yang terukur pada panjang gelombang maksimumnya. Dari kurva diatas menunjukkan persamaan liniernya $y = 0,0562x + 0,0076$, dengan nilai korelasi yang diperoleh yaitu $R^2 = 0,998$ Persamaan ini akan digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan analit sebelum dan setelah adsorpsi.

PENGARUH VARIASI

Pengaruh Variasi Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan waktu yang dibutuhkan oleh adsorben untuk dapat berinteraksi dengan adsorbat secara optimum pada waktu tertentu agar dapat mengikat adsorbat secara maksimal dan juga merupakan salah satu parameter yang penting karena sangat mempengaruhi efisiensi dari proses adsorpsi. Laju dari proses adsorpsi akan meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya waktu kontak sehingga mencapai titik kesetimbangan. Untuk menentukan waktu kontak optimal dari penelitian ini dengan menggunakan 6 variasi waktu, yaitu 30, 60, 90, 120, 150, 180 menit pada larutan pH 3, konsentrasi 80 ppm, volume larutan zat warna 25

ml, masa adsorben 0,2 gram pada kecepatan 200 rpm. Berikut adalah data pengaruh variasi waktu kontak terhadap penyerapan zat warna *Methyl orange*.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penyerapan *Methyl orange* dalam Larutan (pH larutan MO 5, konsentrasi MO 80 ppm, ukuran partikel biosorben 250 μm , kecepatan pengadukan 200 rpm).

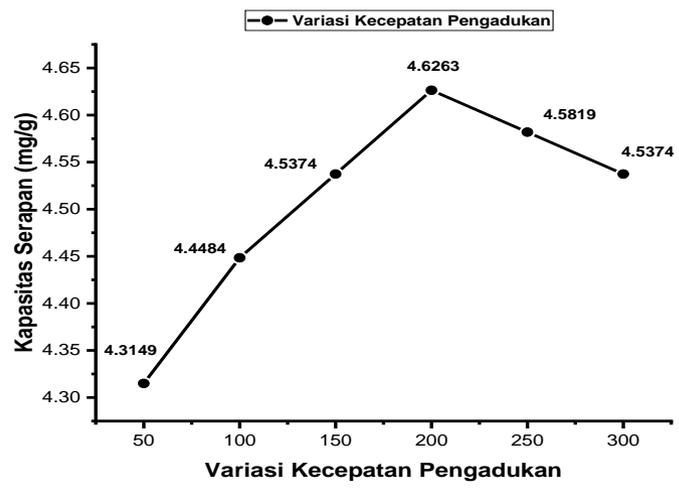
Berdasarkan grafik diatas, waktu kontak optimum yang diperoleh yaitu selama 150 menit dengan nilai Q_e sebesar 4.40 mg/g dengann kapasitas serapan maksimum 45%. Saat kesetimbangan telah tercapai, proses adsorpsi akan mengalami penurunan, hal ini disebabkan situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben telah jenuh pada adsorbat. Secara umum, proses adsorpsi terjadi dalam 2 tahapan. Tahapan yang pertama adalah adsorbat mencapai permukaan adsorben dan masuk kedalam pori pada permukaan adsorben. Tahapan kedua yaitu proses pelepasannya adsorbat dari adsorben. Oleh karenanya, untuk mencapai kedua tahapan ini memerlukan waktu yang lama agar proses adsopsi berlangsung secara maksimal (Riwayati *et al.*, 2019).

Proses awal laju adsorpsi berlangsung dengan cepat karena terdapat situs aktif dan pori-pori yang masih kosong pada permukaan adsorben, sehingga menyebabkan adsorbat secara cepat dapat terikat dengan situs aktif dan masuk kepori-pori sesuai dengan ukuran partikel adsorbat. Selanjutnya laju adsorpsi akan mengalami penurunan secara bertahap akibat jenuhnya seluruh situs aktif dan pori-pori yang telah terisi penuh dengan adsorbat hingga mencapai titik kestimbangan dan menyebabkan adsorben tidak mampu lagi untuk mengikat adsorbat dalam larutan. Hal ini lah yang menggambarkan terjadinya kenaikan laju adsorpsi pada waktu kontak 30 hingga 150 menit secara signifikan dan menurun ketika telah mencapai 180 menit.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Evilyani, 2021) menggunakan adsorben biji kelengkeng untuk menyerap zat warna rhodamine-B, diatur waktu kontak menjadi 30, 60, 90, 120, 180, 210 dan 240 menit dan didapatkan kondisi optimum diperoleh pada variasi waktu kontak pada 180 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar 39,7967 mg/g dengan efisiensi serapan yang terjadi sebesar 75,92% dan terjadi penurunan pada waktu kontak 210 menit.

Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Pengadukan

Dalam proses adsorpsi, kecepatan pengadukan mempengaruhi distribusi zat terlarut dalam larutan *Methyl orange* dan adsorben (M. Dharmendirakumar, G.Vijayakumar *et al.*, 2015). Dengan adanya kecepatan putaran ini, adsorben akan terdistribusi kesegala arah dalam larutan dan berinteraksi dengan adsorbat secara menyeluruh. Dalam penelitian ini, kecepatan putaran yang digunakan yaitu 50, 100, 150, 200 dan 250 rpm selama 150 menit pada konsentrasi larutan *Methyl orange* 80 ppm, pH 3 dengan menggunakan 0,2 gram biosorben biji lengkung. Berikut adalah data pengaruh variasi kecepatan pengadukan terhadap penyerapan zat warna *Methyl orange*.



Gambar 4. Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan terhadap Penyerapan *Methyl orange* dalam Larutan (pH larutan MO 3, konsentrasi MO 80 ppm, ukuran partikel biosorben 250 μm , waktu kontak 150 menit).

Berdasarkan grafik diatas, kecepatan pengadukan optimum terhadap zat warna *Methyl orange* yaitu pada variasi kecepatan 200 rpm dengan kapasitas serapan 4,63 mg/g dengan presentase serapan 47%. Pada kecepatan 50 hingga 200 rpm, nilai Q_e mengalami kecepatan yang cukup signifikan. Dengan meningkatnya kecepatan pengadukan maka yang diperoleh sangat kecil. Hal ini dikarenakan proses adsorpsi berjalan dengan lambat dan permukaan adsorben tidak dapat berinteraksi secara menyeluruh dengan adsorbat dalam larutan (Sanjaya & Hardeli, 2012). Pada kecepatan 100 hingga 200 rpm, terjadi kenaikan nilai Q_e yang dikarenakan meningkatnya daya adsorpsi dan pada kecepatan 250 rpm terjadi penurunan daya adsorpsi.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Evilyani, 2021) diperoleh hasil kecepatan pengadukan optimum pada 200 rpm dengan kapasitas penyerapan sebesar 37,6847 mg/g dengan menggunakan adsorben biji lengkung untuk menyerap zat warna rhodamine-B.

Penurunan serapan yang terjadi dikarenakan pada kecepatan pengadukan yang lebih tinggi, energi kinetik molekul adsorbat dan partikel adsorben mengalami peningkatan yang cukup banyak sehingga keduanya akan bertabrakan satu sama lain secara cepat mengakibatkan lepasnya adsorbat yang terikat secara longgar pada adsorben(Kuśmierek & Wia,tkowski, 2015).

SIMPULAN

Dari data dan hasil penelitian penyerapan zat warna methyl orange pada biji kelengkeng menggunakan metode batch yang telah dilakukan dapat disimplkan bahwa: Proses aktivasi biji kelengkeng menggunakan reagen HNO₃ 0,01 M bertujuan untuk memperbesar diameter pori pada biji kelengkeng serta juga dapat melarutkan zat pengotor pada permukaan biosorben. Kapasitas penyerapan laju adsorpsi pada variasi waktu kontak 30 hingga 150 menit mengalami kenaikan secara signifikan dan menurun ketika telah mencapai variasi waktu 180 menit. Dalam proses adsorpsi, kecepatan pengadukan mempengaruhi distribusi zat terlarut dalam larutan methyl orange dan adsorben. Pada kecepatan 50 hingga 200 rpm, mengalami kenaikan yang cukup signifikan, dan pada kecepatan 250 rpm mengalami penurunan. Sehingga didapatkan kecepatan pengadukan optimum pada variasi 200 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwis, D., & Khaeroni, R. (2017). *Pemurnian Dan Karakterisasi Silika Menggunakan Metode Purifikasi (Leaching) Dengan Variasi Waktu Milling Pada Pasir Kuarsa Desa Pasir Putih Kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso Purification And Characterization Of Silica Using Purification (Leaching. 187–193.*
- Endang. (2006). *Zat Pewarna Alami Tekstil Dari Kulit Buah Manggis. 41–47.*
- Evilyani, V. (2021). *Biosorpsi Zat Warna Rhodamin B Oleh Biosorben Biji Lengkeng (Euphoria Longan Lour) Dengan Metode Batch. 997.*
- Imaniyah, D. (2022). *Penentuan Komposisi Doping Fe (Iii) Dan Massa Katalis Optimum Pada Degradasi Zat Warna Metil Violet Menggunakan Tio₂ Terdoping Fe (Iii). July, 1–23.*
- Irak, A. B. S. (1993). *Kajian Termodinamika Penyerapan Zat Warna Indikator Metil Oranye (Mo) Dalam Larutan Air Oleh Adsorben Kitosan.*
- Kurniawati, D., Puja, Bahrizal, Nasra, E., & Salmariza, S. (2019). Reduction Of Lead (Ii) From Aqueous Solution By Biosorbent Derivated From Lengkeng (Euphoria Logan Lour) Shell With Batch Method. *Journal Of Physics: Conference Series, 1317(1), 1–7.* <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012026>
- Kuśmierek, K., & Wia,tkowski, A. (2015). The Influence Of Different Agitation Techniques On The Adsorption Kinetics Of 4-Chlorophenol On Granular Activated Carbon. *Reaction Kinetics, Mechanisms And Catalysis, 116(1), 261–271.* <https://doi.org/10.1007/S11144-015-0889-1>
- M. Dharmendirakumar, G.Vijayakumar, R. T., Vijayakumar, G., Tamilarasan, R., & Dharmendirakumar, M. (2015). Adsorption , Kinetic , Equilibrium And

- Thermodynamic Studies On The Removal Of Basic Dye Rhodamine-B From ...
Journal Of Materials And Environmental Science, 3(June), 157–170.
- Maulina, A., Hardeli, & Bahrizal. (2014). Preparasi Dye Sensitized Solar Celi Menggunakan Ekstrak Antosianin Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana* L).
Jurnal Sainstek, 6(2), 158–167.
- Method, P., Nanocomposite, U., Naimah, S., A, S. A., Jati, B. N., Nur, N., & Arianita, C. (2014). Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit Tio 2 – Zeolit (*Color Degradation In Textile Industrial Wastewater With*).
- Rakariyatham, K., Zhou, D., Lu, T., Yin, F., Yu, Z., Li, D., Shen, Y., & Zhu, B. (2021). Synergistic Effects Of Longan (*Dimocarpus Longan*) Peel Extracts And Food Additives On Oxidative Stability Of Tuna Oil. *Lwt*, 152(June), 112275. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112275>
- Ramadhani, P., Andalas, U., Zein, R., Andalas, U., & Hevira, L. (2019). *Pemanfaatan Limbah Padat Pertanian Dan Perikanan Sebagai Biosorben Untuk Penyerap Berbagai Zat Warna : Suatu Tinjauan Biosorben Untuk Penyerap Berbagai Zat Warna : Suatu Tinjauan Utilization Of Agricultural By-Products And Fishery Solid Waste As Biosorben*. April 2021. <https://doi.org/10.31629/zarah.v7i2.1396>
- Riwayati, I., Fikriyyah, N., & Suwardiyono, S. (2019). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Abu Alang-Alang (*Imperata Cylindrica*) Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 6–11. <https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3016>
- Sanjaya, H., & Hardeli. (2012). Fotodegradasi Senyawa Methyl Violet Menggunakan Sinar W 254 Nm Dengan Bantuan Tioz - Peg Sebagai Fotokatalis. *Eksakta : Berkala Ilmiah Bidang Mipa*.
- Sitepu. (2016). *Sintesis Komposit Zno-Bentonit Dan Penggunaannya Dalam Proses Degradasi Methyl Orange*. 4, 153–160.