

Pengaruh Variasi Massa Terhadap Penyerapan Remazol Kuning Dengan Polimer Ammonium Kuartener

Agas Ardelia Musnamar¹, Aster Rahayu^{1*}, Dhias Cahya Hakika¹

¹Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Kec. Banguntapan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55191, Indonesia

*Corresponding Author: aster.rahayu@che.uad.ac.id

ABSTRAK

Terdapat berbagai penyumbang pembangunan ekonomi di Indonesia salah satunya adalah industri tekstil. Seiring dengan berkembangnya industri tekstil, jumlah limbah cair yang dihasilkan juga semakin meningkat. Hal ini dapat menimbulkan masalah lingkungan terutama pada limbah cair yang mengandung zat warna. Zat warna yang umum digunakan adalah remazol kuning, dimana zat warna ini paling sering digunakan dan menghasilkan warna yang cerah, berpotensi karsinogenik, dan stabil. Karena sifatnya yang stabil, zat warna remazol kuning sulit terurai. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kondisi optimal adsorpsi polimer ammonium kuartener pada larutan zat warna remazol kuning. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa (0,1; 0,15; 0,2; 0,25; dan 0,30) gram. Hasil adsorpsi kemudian diukur adsorbansinya dengan Spektrofotometer Uv-Vis dengan panjang gelombang 363 nm. Polimer ammonium kuartener berhasil mengadsorpsi zat warna remazol kuning dengan massa polimer optimum 0,15 gram. Dari hasil analisa diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 9,87 mg/g dan persentase penghilangan sebesar 98,64%. Model isothermal adsorpsi untuk remazol kuning telah dihitung menggunakan pendekatan model persamaan *Freundlich*, *Langmuir*, *Temkin*, dan *Dubinin-Radushkevich*. Berdasarkan hasil perhitungan, adsorpsi larutan remazol kuning dengan polimer ammonium kuartener berjalan sesuai dengan isotherm adsorpsi *Langmuir* dengan nilai R^2 sebesar 0.8179. Pendekatan isothermal ini menunjukkan bahwa proses penyerapan terjadi secara monolayer, tidak ada interaksi antara molekul yang teradsorpsi, setiap situs aktif hanya menyerap satu molekul, dan permukaan penyerap seragam.

Kata kunci: Adsorpsi; Limbah Industri; Polimer; Remazol.

ABSTRACT

There are various contributors to economic development in Indonesia, one of which is the textile industry. As the textile industry develops, the amount of liquid waste produced is increasing. This can cause environmental problems, especially in liquid waste containing dyes. The dye commonly used is remazol yellow, which is the most frequently used dye and produces a bright, potentially carcinogenic and stable color. Because of its stable nature, remazol yellow dye is difficult to decompose. This research aims to determine the optimal adsorption conditions of quaternary ammonium polymer in remazol yellow dye solution. The adsorption process was carried out with mass variations (0.1; 0.15; 0.2; 0.25; and 0.30) grams. The adsorption results were then measured for adsorbance using a UV-Vis Spectrophotometer with a wavelength of 363 nm. Quaternary ammonium polymer succeeded in adsorbing remazol yellow dye with an optimum polymer mass of 0.15 grams. From the analysis results, the adsorption capacity was 9.87 mg/g and the removal percentage was 98.64%. The isothermal adsorption model for remazol yellow has been calculated using the *Freundlich*, *Langmuir*, *Temkin*, and *Dubinin-Radushkevich* equation approximation model. Based on the calculation results, the adsorption of remazol yellow solution with quaternary ammonium polymer proceeded in accordance with the *Langmuir* adsorption isotherm with an R^2 value of 0.8179. This isothermal approach shows that the absorption process occurs in a monolayer, there is no interaction between the adsorbed molecules, each active site only absorbs one molecule, and the absorbing surface is uniform.

Keywords: Adsorption; Waste Industrial; Polymer; Remazol.

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil dan produk tekstil di Indonesia merupakan salah satu kontributor utama pembangunan ekonomi (Rahayu et al., 2022). Dengan semakin majunya perkembangan industri tekstil, hal ini dapat menyebabkan peningkatan limbah yang dihasilkan baik jumlah maupun jenisnya (Sedyadi & Huda, 2016). Limbah cair merupakan salah satu jenis limbah yang dihasilkan. Limbah cair yang terdapat zat warna dapat menyebabkan masalah bagi lingkungan karena sifatnya sulit terurai, serta tahan terhadap lingkungan baik itu pengaruh suhu, pH, ataupun bakteri (Maghfiroh et al., 2016).

Remazol Kuning merupakan salah satu contoh pewarna remazol dipilih karena dinilai cukup mewakili pewarna di industri tekstil. Selain itu, kromofor remazol kuning mudah menghasilkan warna cerah dan tahan terhadap pengujian (Maghfiroh et al., 2016). Remazol kuning merupakan zat warna anionik, yang mengandung senyawa azo (Kara et al., 2007; Nur Fitriani et al., 2019). Golongan pewarna azo berpotensi karsinogenik, *non-biodegradable* dan dapat menghasilkan racun amina aromatik. Remazol Kuning adalah salah satu zat warna golongan azo aromatik, dimana senyawa azo aromatik bersifat stabil dan berwarna terang. Karena sifat Remazol Kuning yang stabil sehingga senyawa tersebut tidak mudah rusak oleh pengolahan kimia maupun perlakuan *photolitik*. Jika dibuang ke dalam air senyawa ini dapat bertahan dalam periode yang lama dan terakumulasi. (Cristina P et al., 2007; Nur Fitriani et al., 2019; Tamirat et al., 2014).

Polimer adalah makromolekul rantai panjang yang terbentuk dari kombinasi molekul monomer (Rosmainar et al., 2021). Polimer dapat dibedakan menjadi polimer sintetik serta polimer alam jika dibedakan dari asalnya. Polimer alam sudah ada sejak lama seperti sutra, wol, kapas, karet, pati, dan selulosa. Polimer alami yang dimodifikasi disebut juga polimer daur ulang. Misalnya serat sintetis yang terbuat dari selulosa (rayon). Polimer sintetik merupakan polimer terbuat dari monomer (molekul sederhana) yang biasa dibuat oleh pabrik (Yunelly, 2013). Polimer biasanya digunakan sebagai komponen utama dalam plastik, dan para peneliti telah melakukan penelitian ekstensif untuk menggunakannya sebagai penyerap untuk menghilangkan partikel dalam cairan limbah. Limbah cair mengandung campuran kompleks partikel anorganik dan organik yang memiliki potensi kontaminasi tinggi (Rahayu et al., 2023).

Adsorpsi sering digunakan sebagai metode pengolahan dalam industri pengolahan air limbah karena pengoprasiannya yang mudah dan adsorben dapat digunakan kembali, yang membedakannya dengan pengolahan yang lain (Veranica et al., 2024). Karena efisiensinya, proses pertukaran ion menjadi standar untuk memisahkan polutan dalam air limbah menggunakan media adsorpsi berbasis bahan canggih berupa polimer (Rahayu et al., 2023).

Penghilangan warna remazol kuning dapat dilakukan dengan polimer ammonium kuarterner dengan metode *one-pot approach*. Polimer ammonium kuarterner dengan metode tersebut telah berhasil digunakan dalam penghilangan nitrat, nitrit, dan fosfat sebesar 94.58%, 87.44%, dan 95,11% (Rahayu et al., 2023). Selain itu polimer ini berhasil diaplikasikan pada limbah vinnase untuk penghilangan fosfat dengan persen removal sebesar 75.70% (Veranica et al., 2024). Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui besar kemampuan adsorpsi ammonium kuarterner pada pewarna Remazol Kuning terhadap variasi massa adsorben, dimana metode pembuatan polimer dengan *one-pot approach*.

2. METODOLOGI

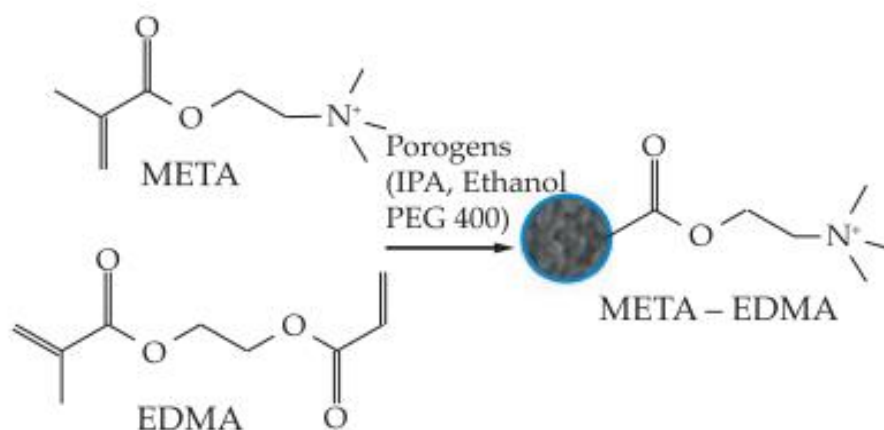
2.1 Alat dan Bahan

$\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$ (META) dibeli dari Sigma Aldrich. $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_4$ (EDMA), dan $[(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{CN})]_2\text{N}_2$ (AIBN) disuplai dari TCI (China). $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ (IPA), $\text{H}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$ (PEG 400), etanol, dan remazol kuning dari Jombor. Penelitian ini menggunakan berbagai macam alat seperti gelas

beker, pengaduk magnetik, kertas saring, termometer, kuvet, *stopwatch*, corong, neraca analitik, penangas air, dan spektrofotometer UV-Vis, timbangan, pipet.

2.2 Sintesis Polimer Ammonium Kuarterner

Polimer amonium kuarterner yang dihasilkan melalui proses polimerisasi *one-pot approach* dengan komposisi dan kondisi optimum telah berhasil digunakan sebagai adsorben (Rahayu et al., 2023). Sebelum diisi ke dalam tabung silinder, larutan polimer yang terdiri dari EDMA ($C_{10}H_{14}O_4$), monomer ammonium kuarterner ($C_9H_{18}ClNO_2$), etanol (C_2H_6O), poli (etilen glikol) ($(C_2H_4O)_nH_2O$), isopropil alkohol (C_3H_8O) dan AIBN ($C_8H_{12}N_4$) yang masing-masing sebanyak 0,375 mL, 1,25 mL, 0,35 mL, 1,4 mL, 1,75 mL, dan 0,005 g kemudian dihomogenkan. Selanjutnya, polimerisasi dibiarkan selama 12 jam dalam penangas air pada suhu 70 °C (Rahayu et al., 2021). Gambar 1 di bawah adalah skema reaksi untuk membentuk polimer amonium kuarterner, yang akan digunakan sebagai adsorben untuk menyerap warna kuning dalam larutan warna remazol kuning.



Gambar 1. Reaksi Pembentukan Polimer Ammonium Kuarterner
(Sumber: Rahayu et al., 2023)

2.3 Pembuatan Larutan Remazol Yellow 30 ppm

Membuat larutan induk (1000 ppm) remazol kuning, dengan menimbang 0,5 gram remazol kuning kemudian dilarutkan dalam 500 mL aquadest selanjutnya dihomogenkan. Memipet 5 mL larutan induk kemudian diencerkan dengan labu ukur 50 mL, kemudian dihomogenkan.

2.4 Proses Adsorpsi dengan Variasi Massa Ammonium Kuarterner

Variasi massa dilakukan untuk menguji kemampuan polimer amonium kuarterner dalam menghilangkan warna kuning dari larutan remazol kuning. Proses adsorpsi menggunakan remazol kuning sebanyak 30 ppm dengan suhu 25°C, selama 25 menit, dengan variasi massa polimer (0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,3) gram, kemudian disaring, dan filtratnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 363 nm. Menghitung kapasitas adsorpsi (Q_e) menggunakan persamaan 1, sedangkan untuk menghitung nilai persen kehilangan (%Re) menggunakan persamaan 2 (Adawiah et al., 2020; Aini et al., 2023).

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W} \dots\dots\dots(1)$$

$$\%Re = \frac{C_0 - C_e \times 100\%}{C_0} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

C_0 = konsentrasi awal (mg/L),

C_e = konsentrasi akhir (mg/L)

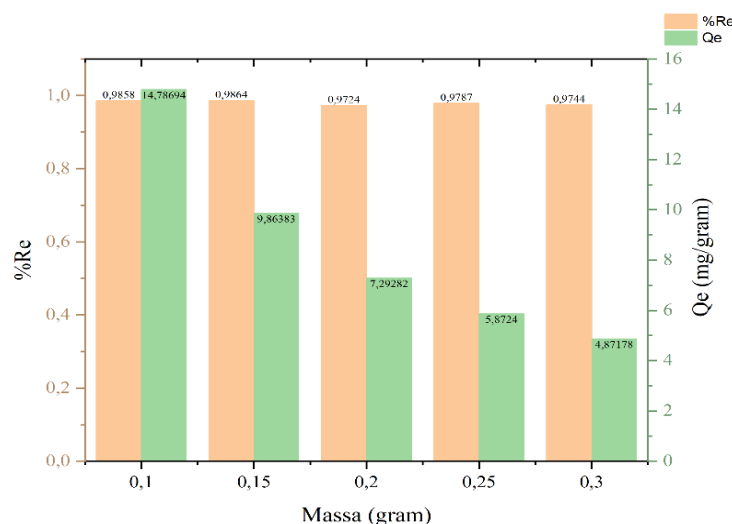
W = berat adsorben (g)

V = volume larutan (L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Massa Optimum pada Remazol Kuning

Penyerapan adsorben terhadap larutan pewarna remazol kuning diperlukan kondisi yang optimal, salah satunya massa adsorben. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa massa optimum terdapat pada berat 0.15 gram dari variasi massa adsorben (0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3) gram.



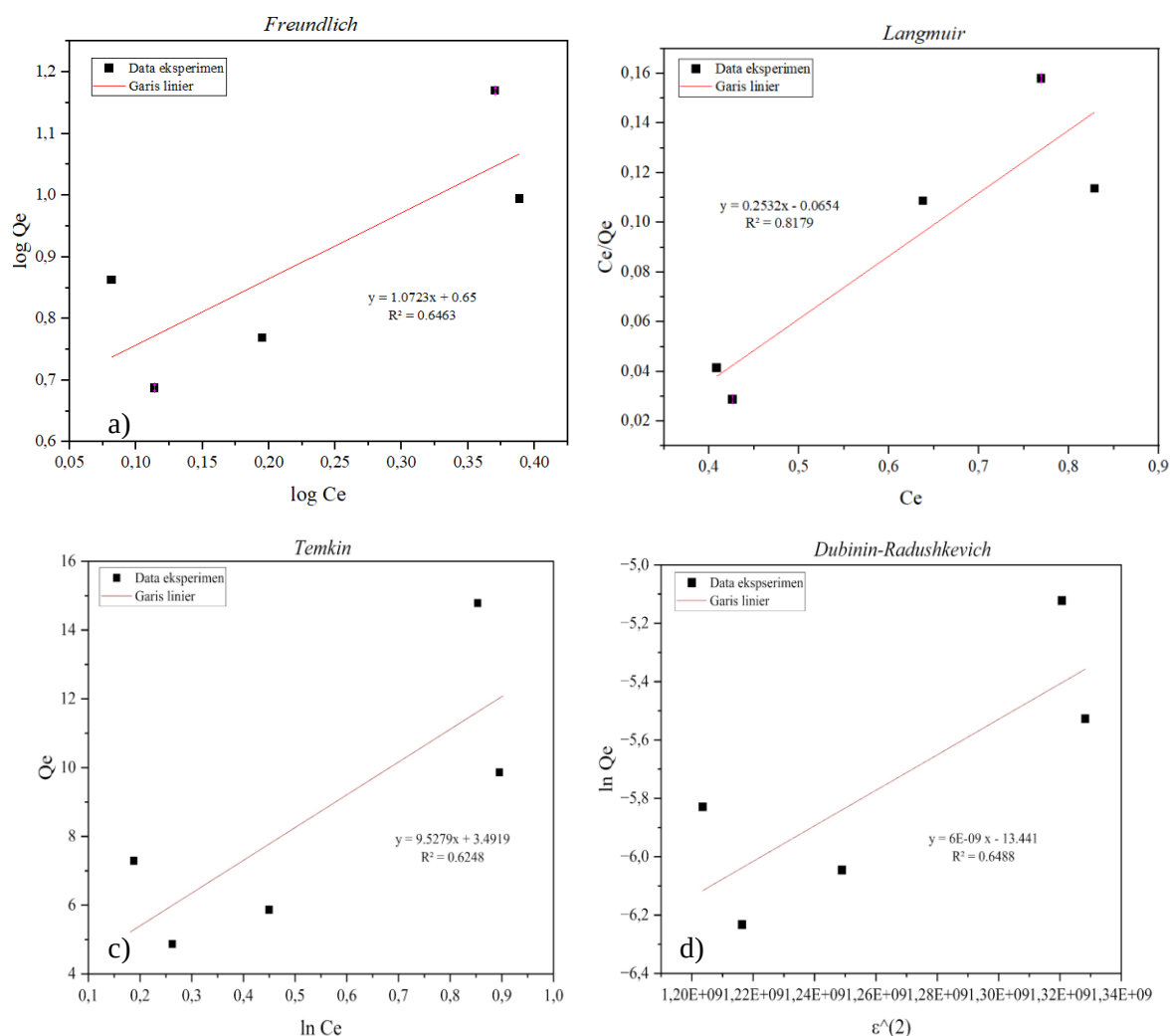
Gambar 2. Grafik hubungan antara massa polimer dengan persentase penghilangan dan kapasitas adsorpsi

Dari gambar 2 dapat dilihat massa adsorben 0.1 gram didapat nilai kapasitas adsorpsi sebesar 14.79 mg/g dan persen removal sebesar 98.58%, kemudian untuk massa adsorben 0.15 gram didapat nilai kapasitas adsorpsi sebesar 9.87 mg/g dan persen removal sebesar 98.64%. Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa persen removal optimum didapat pada massa adsorben 0.15 gram. Semakin besar massa adsorben maka nilai persen kehilangan semakin kecil. Sedangkan untuk kapasitas adsorpsi berada pada kondisi maksimum pada massa adsorben 0.1 gram dengan nilai 14.79 mg/g. Kapasitas adsorpsi terus mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Penurunan persen removal serta nilai kapasitas adsorpsi ini menunjukkan semakin banyak adsorben yang digunakan semakin menurun kemampuan daya serap adsorben, dikarenakan lapisan kedua, ketiga, dan ketiga terbentuk dengan cepat yang menyebabkan permukaan adsorben jenuh atau hampir jenuh terhadap adsorbat yang biasa disebut adsorpsi *multilayer* (Nurafriyanti et al., 2017).

3.2 Adsorpsi Isotermal

Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa adsorben yang digunakan antara 1.00 hingga 3.00 gram, suhu ruangan dengan waktu selama 20 menit. Untuk menggambarkan bagian adsorben dengan adsorbat, diilustrasikan dengan pendekatan persamaan isotermal adsorpsi *Freundlich*, *Langmuir*, *Temkin* serta *Dubinin-Radushkevich*. Isotermal adsorpsi *Freundlich* mewakili jenis adsorpsi dimana adsorpsi terjadi pada banyak lapisan dan ikatan tidak kuat (Masruhin et al., 2018). Isotermal adsorpsi *Langmuir* digunakan untuk menggambarkan keseimbangan antara adsorbat dan sistem adsorpsi. Dimana adsorpsi adsorbat dibatasi pada satu lapisan molekul sebelum mencapai tekanan relatif seragam atau tekanan relatif seragam (Liu et al., 2018). Isotermal *Temkin* menunjukkan bahwa adsorpsi

terjadi secara heterogen, serta mekanisme adsorpsi terjadi secara kimia (Suryawan et al., 2018). Model Isotermal *Dubinin-Radushkevich* menggambarkan mekanisme adsorpsi terjadi pada permukaan heterogen dengan distribusi Energi Gaussian (Ayawei et al., 2017). Model adsorpsi *Freundlich* dibuat grafik antara $\log C_e$ dan $\log Q_e$, untuk model adsorpsi *Langmuir* dibuat grafik antara C_e dan C_e/Q_e , model adsorpsi *Temkin* dibuat grafik antara $\ln C_e$ dan Q_e , dan model adsorpsi *Dubinin-Radushkevich* ε^2 dan $\ln Q_e$. Grafik isotermal penyerapan larutan remazol kuning oleh polimer ammonium kuarterner diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Isotermal Adsorpsi Larutan Pewarna Remazol Kuning Menggunakan Polimer Ammonium Kuarterner (a) Isotermal *Freundlich* (b) Isotermal *Langmuir* c) Isotermal *Temkin* d) Isotermal *Dubinin-Radushkevich*

Berdasarkan Gambar 3 pada grafik pendekatan *Freundlich* diperoleh nilai R^2 sebesar 0.6463 dengan persamaan linier $1.0723x + 0.65$, pendekatan *Langmuir* diperoleh nilai R^2 sebesar 0.8179 dengan persamaan linier $0.2532x - 0.0654$, pendekatan *Temkin* diperoleh nilai R^2 0.6248 dengan persamaan linier $9.5279x + 3.4914$, dan pendekatan *Dubinin-Radushkevich* diperoleh nilai R^2 0.6488 dengan persamaan linier $6E-09x - 13.441$. Persamaan isotermal *Freundlich* dapat dilihat pada persamaan 3.

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(3) \text{ (Ho, 2004)}$$

Keterangan :

q_e = jumlah warna yang teradsorpsi dalam adsorben (mg/g)

Kf = konstanta adsorpsi pada *multilayer*
Ce = konsentrasi larutan remazol kuning setelah teradsorpsi (mg/L)
1/n = konstanta indikatif intensitas adsorpsi

Untuk persamaan isothermal *Langmuir* dapat dilihat pada persamaan 4

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L \cdot q_m} + \left(\frac{1}{q_m}\right) \cdot C_e \dots\dots\dots(4) \text{ (Ho, 2004)}$$

Keterangan :

Kl = konstanta adsorpsi pada *monolayer*
qm = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)
qe = jumlah warna yang teradsorpsi dalam adsorben (mg/g)
Ce = konsentrasi larutan Remazol kuning setelah teradsorpsi (mg/L)

Untuk persamaan isothermal *Temkin* dapat dilihat pada persamaan 5

$$q_e = B \cdot \ln A + B \cdot \ln C_e \dots\dots\dots(5) \text{ (Inyinbor et al., 2016)}$$

Keterangan :

qe = jumlah warna yang teradsorpsi dalam adsorben (mg/g)
B = konstanta terkait dengan panas adsorpsi
A = konstanta isothermal *Temkin*
Ce = konsentrasi larutan Remazol Kuning setelah teradsorpsi (mg/L)

Untuk persamaan isothermal *Dubinin Radushkevich* (D-R) terdapat pada persamaan 6

$$\ln q_e = \ln q_m - K \varepsilon^2 \dots\dots\dots(6) \text{ (Inyinbor et al., 2016)}$$

qe = jumlah warna yang teradsorpsi dalam adsorben (mol/L)
qm = kapasitas adsorpsi maksimum (mol/L)
K = konstanta adsorpsi isothermal *Dubinin– Radushkevich* (mol² /kJ²)
E = konstanta isothermal *Dubinin– Radushkevich*.

Berdasarkan empat pendekatan isothermal yang telah dilakukan, pendekatan isothermal secara *Langmuir* lebih menggambarkan proses kinetik penyerapan polimer ammonium kuarterner terhadap larutan pewarna remazol kuning. Hal ini disebabkan nilai R² pada isothermal *Langmuir* lebih besar dari pada yang lain, yaitu sebesar 0.8179. Pendekatan isothermal ini menggambarkan bahwa proses adsorpsi tidak ada inetraksi antara molekul yang teradsorpsi, permukaan penyerap seragam, setiap situs aktif hanya menyerap satu molekul, serta molekul teradsorpsi pada situs aktif terpisah di permukaan (Ye et al., 2021). Isothermal *Langmuir* juga mengasumsikan bahwa adsorpsi terjadi dengan proses homogen dimana adsorbat (larutan remazol kuning) teradsorpsi dalam bentuk monolayer (ketebalan lapisan orde satu molekul) ke dalam adsorben pada suhu stabil (Waheed et al., 2021).

4. KESIMPULAN

Polimer ammonium kuarterner berhasil mengadsorpsi larutan pewarna remazol kuning. Kondisi optimal diperoleh dengan massa polimer sebesar 0.15 gram diperoleh persen removal 98.64% dan kapasitas adsorpsi sebesar 9.87 mg/g. Pendekatan model isothermal *Langmuir* dengan nilai R² sebesar 0.8179. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi secara *monolayer*, tidak ada interaksi antara molekul yang teradsorpsi, setiap situs aktif hanya menyerap satu molekul, permukaan penyerap seragam, serta molekul teradsorpsi pada situs aktif terpisah di permukaan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengoptimalan, waktu dan suhu kontak saat proses adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiah, S. R., Sutarno, S., & Suyanta, S. (2020). Studi Adsorpsi-Desorpsi Anion Fosfat pada Bentonit Termodifikasi CTAB. *Indo. J. Chem. Res.*, 8(2), 125–136. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2020.8-sra>
- Aini, N., Mufandi, I., Jamilatun, S., & Rahayu, A. (2023). *Exploring Cacao Husk Waste – Surface Modification, Characterization, and its Potential for Removing Phosphate and Nitrate Ions. Journal of Ecological Engineering*, 24(12), 282–292. <https://doi.org/10.12911/22998993/174003>
- Cristina P, M., S, M. nisatun, & Saptaaji, R. (2007). Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 Kev/10 Ma. *Jurnal Forum Nuklir*, 1(1), 31. <https://doi.org/10.17146/jfn.2007.1.1.3271>
- Ho. (2004). *Citation Review of Lagergren Kinetic Rate Equation on Adsorption Reactions. Scientometrics*, 59(1), 59, 1–3.
- Inyinbor, A. A., Adelola F.A., & Olatunji G.A.(2016). *Kinetics, Isotherms and Thermodynamic Modeling of Liquid Phase Adsorption of Rhodamine B Dye Onto Raphia Hookerie Fruit Epicarp. Water Resources and Industry*, Vol 15, page 14–27.
- Kara, S., Aydiner, C., Demirbas, E., & Kobya, M. (2007). *Modeling the Effects of Adsorbent Dose and Particle Size on the Adsorption of Reactive Textile Dyes by Fly Ash. Desalination*, (235), 245.
- Liu, L., Luo, X. B., Ding, L., & Luo, S. L. (2018). *Application of Nanotechnology in the Removal of Heavy Ammonium Kuarternar From Water. Nanomaterials for the Removal of Pollutants and Resource Reutilization* (pp. 83–147). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814837-2.00004-4>
- Maghfiroh, L., Ulfen, I., & Juwono, H. (2016). Pengaruh pH terhadap Penurunan Zat Warna Remazol Kuning FG oleh Adsorben Selulosa Bakterial Nata De Coco. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2), 2337–3520.
- Masruhin, M., Rasyid, R., & Yani, S. (2018). Penjerapan Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v3i1.188>
- Nur Fitriani, I., Ristiyana Puspitasari, A., & Nor Amelia, R. (2019). Dekolorisasi Senyawa Azo Limbah Remazol Golden Kuning oleh Bioadsorben Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Journal of Chemistry*, 2(2), 40–46.
- Nurafriyanti, N., Prihatini, N. S., & Syauqiah, I. (2017). Pengaruh Variasi pH dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1). <https://doi.org/10.20527/jukung.v3i1.3200>
- Rahayu, A., Hakika, D. C., Amrillah, N. A. Z., & Veranica, V. (2023). *Synthesis and Characterization of Ammonium Polymer for Anion Removal in Aqueous Solutions. Polimery/Polymers*, 68(10), 537–543. <https://doi.org/10.14314/polimery.2023.10.3>
- Rahayu, A., Jamilatun, S., Fajri, J. A., & Lim, L. W. (2021). *Characterization of Organic Polymer Monolith Columns Containing Ammonium Quarternary as Initial Study for Capillary Chromatography. Elkawnie*, 7(1), 119. <https://doi.org/10.22373/ekw.v7i1.8764>

- Rahayu, A., Juliantri, L., & Amalia, R. Y. (2022). Degradasi Remazol Kuning FG dengan Katalis Oksida Besi/Karbon Aktif dengan Metode Fotokatalis. *Jurnal Teknik Kimia*, 28(3), 126–132. <https://doi.org/10.36706/jtk.v28i3.1222>
- Rosmainar, L., Tukan, D. N., & Deviyanti, M. (2021). Perbandingan Plastik dari Material-Material. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 03(01), 19–28.
- Sedyadi, E., & Huda, K. (2016). Kajian Adsorpsi Remazol Kuning FG oleh *Montmorillonit-Kitosan*. *Integrated Laboratorium Journal*, 04(02), 139–152. <http://ejournal.uin-suka.ac.id/pusat/integratedlab/article/view/1129>
- Tamirat, A. G., Sendek, A., & Libsu, S. (2014). *Optimizing Dyeing Parameters of Remazol Golden Yellow G Dye upon Cotton Fabric*. *International Journal of Advanced Research*, 2(10), 234–240. <http://www.journalijar.com>
- Veranica, Rahayu, A., Maryudi, Dhias Cahya Hakika, Lee Wah Lim, & Lia Anggresani. (2024). *Isotherm Adsorption of Ion Phosphate from Vinasse Waste Using Quaternary Ammonium Polymer as Adsorbent in Term Effect of Temperature*. *Jurnal Sains Natural*, 14(2), 91–97. <https://doi.org/10.31938/jsn.v14i2.720>
- Waheed Abdul., Nadeem Baig, Nisar Ullah & Wail Falath.(2021).*Removal of Hazardous Dyes, Toxic Metal Ions and Organic Pollutants from Wastewater by Using Porous Hyper-Cross-Linked Polymeric Materials: A Review of Recent Advances*. *Journal of Environmental Management*, vol 287.
- Yunelly. (2013). Pemanfaatan Plastik Sebagai Kemasan Pangan. *Bina Widya*, 23(3), 135–140.
- Zaya Aisyahlika, S., Lutfi Firdaus, M., & Elvia, R. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera Odollam*) Terhadap Zat Warna Sintetis *Reactive Red-120* dan *Reactive Blue-198*. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 148–155.