

Pengaruh Komposisi *Methacrylic Acid* (MAA) dan *Ethylene Glycol Dimethacrylate* (EGDMA) Terhadap Kapasitas Serapan Polimer Bercetak Molekul Pada Metilen Biru

Nur Apriyani Djaha¹, Alizar^{2*}

¹²Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Padang, Indonesia
e-mail: alizarulianas@fmipa.unp.ac.id

Abstrak

Mengingat metilen biru adalah salah satu bahan pewarna yang digunakan secara luas dalam proses pewarnaan, penggunaan metilen biru hanya sekitar 5% dari proses dan sebagian besar dibuang sebagai limbah. Oleh karena itu, sangat penting untuk menghilangkan metilen biru dari perairan. Salah satu cara untuk menangani limbah zat warna metilen biru adalah dengan menggunakan penyerapan polimer bercetak molekul sebagai adsorben. Hasil penelitian didapatkan jumlah optimum dari MAA ialah 0.02 mol yang nilai kapasitas adsorpsinya sebesar 167.7419 mg/g dengan 0.005 mol EGDMA dan 3×10^{-6} mol metilen biru. Sedangkan jumlah optimum EGDMA ialah 0.001 mol yang nilai kapasitas adsorpsinya sebesar 371.6129 mg/g dengan 0.02 mol MAA dan 3×10^{-6} mol metilen biru.

Kata kunci: *Metilen Biru, Adsorpsi, Polimer Bercetak Molekul, Monomer Fungsional, Pengikat Silang*

Abstract

Considering that methylene blue is one of the widely used coloring materials in the dyeing process, the use of methylene blue is only about 5% of the process and most of it is discharged as waste. Therefore, it is imperative to remove methylene blue from the waters. One way to deal with methylene blue dye effluent is to use molecularly imprinted polymer absorption as adsorbent. The results showed that the optimum amount of MAA is 0.02 mol which adsorption capacity value is 167.7419 mg/g with 0.005 mol EGDMA and 3×10^{-6} mol methylene blue. While the optimum amount of EGDMA is 0.001 mol whose adsorption capacity value is 371.6129 mg/g with 0.02 mol MAA and 3×10^{-6} mol methylene blue.

Keywords : *Methylene Blue, Adsorption, Molecularly Imprinted Polymers, Functional Monomers, Crosslinkers*

PENDAHULUAN

Pengolahan limbah pewarna saat ini banyak menggunakan metoda adsorpsi. Sebelumnya telah lama digunakan adsorben dari karbon aktif, zeolit, dan biomassa, tetapi memiliki beberapa keterbatasan dalam proses regenerasi dan penggunaan kembali. Polimer bercetak molekul adalah bahan yang menarik untuk diteliti (PBM) (Mustapa et al., 2016).

Polimer bercetak molekul (PBM) adalah polimer yang dibuat melalui proses polimerisasi dengan molekul target, yang kemudian diekstraksi untuk melepaskan molekul tersebut dari kerangka polimer (Soni et al., 2018). Teknologi BPM berkembang pesat dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sensor, pemisahan analitik, dan katalisis. Ekstraksi yang dilakukan menyisakan ruang dengan afinitas tinggi terhadap molekul yang tercetak. Sintesis PBM bergantung pada pembentukan kompleks antara molekul target dengan monomer fungsional dan pengikat silang untuk membentuk ruang polimer tiga dimensi. Variasi jumlah kedua komponen ini dapat secara signifikan mempengaruhi sifat akhir PBM, seperti kapasitas adsorpsi, selektivitas, dan stabilitas mekanik (Sirumapea et al., 2018).

Salah satu pewarna yang biasa digunakan untuk pewarnaan adalah metilen biru (MB). Pewarna MB merupakan zat warna yang memiliki warna dasar biru yang sangat penting dan lebih ekonomis dibandingkan dengan zat warna lainnya (Rha Hayu et al., 2022). MB memiliki struktur senyawa heteroaromatik dan termasuk salah satu pewarna dasar (Baunsele & Missa, 2020). Pewarna MB banyak digunakan untuk mewarnai tekstil, sutra, wol, dan kosmetik. Mengingat pentingnya pewarna MB, pemisahan dan deteksi selektif molekul-molekul ini merupakan fokus penelitian yang menarik. PBM menawarkan solusi potensial untuk menemukan dan mendeteksi MB dengan efisiensi tinggi (Ngatijo et al., 2021).

Dalam sintesis PBM untuk metilen biru, peran monomer fungsional dan pengikat silang sangat penting. Pemilihan monomer fungsional penting karena monomer tersebut membentuk kompleks prapolimerisasi melalui interaksi donor-akseptor dengan molekul target untuk gugus fungsional. Asam metakrilat dan akrilamida adalah monomer fungsional yang umumnya digunakan (Farooq et al., 2018).

Hasil akhir sintesis PBM juga dipengaruhi oleh adanya pengikat silang yang memainkan peran penting. Salah satu pengikat silang yang paling umum digunakan dalam sintesis PBM adalah etilen glikol dimetakrilat (EGDMA). Pilihan pengikat silang yang digunakan sangat memengaruhi seberapa baik interaksi antara molekul target dan monomer fungsional berjalan. Tiga peran penting pengikat silang dalam proses sintesis PBM. Pertama, pengikat silang memastikan morfologi matriks polimer, serbuk makropori, atau serbuk mikrogel. Kedua, pengikat silang memastikan situs pengikatan tetap seimbang. Ketiga, matriks polimer bertanggung jawab atas stabilitas mekanis (Jupri et al., 2022). Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mempelajari pengaruh variasi jumlah monomer fungsional dan pengikat silang pada sintesis PBM metilen biru. Dengan memahami pengaruh tersebut, diharapkan dapat menghasilkan PBM dengan

kinerja optimal dalam hal selektivitas dan kapasitas adsorpsi metilen biru. Penelitian ini juga memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai mekanisme interaksi antara monomer fungsional, pengikat silang, dan molekul target selama proses sintesis PBM.

METODE

A. Bahan dan Instrumen

Dalam penelitian ini bahan yang diperlukan adalah metilen biru (MB) sebagai molekul target, *methacrylic acid* (MAA) sebagai monomer fungsional, *Ethylene glycol dimethacrylate* (EGDMA) sebagai pengikat silang, *2-2-dimethoxy-2-phenylacetophenone* (DMPP) sebagai inisiator dan asetonitril sebagai pelarut porogen. Semua bahan kimia tersebut diproduksi oleh Sigma-Aldrich. Sedangkan instrument yang digunakan adalah photopolimerisasi, sonikasi dan Spektrofotometri UV-Vis.

B. Pembuatan Larutan

Larutan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah larutan metilen biru 1000 ppm. Pembuatan larutan dimulai dengan menimbang metilen biru sebanyak 0.1 g dan dilarutkan dengan aquades, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan dipaskan hingga tanda batas.

C. Sintesis PBM-MB

Sintesis Polimer Bercetak Molekul Metilen Biru (PBM-MB) dibuat dengan mengikuti metode yang dilaporkan sebelumnya oleh (Azwir et al., 2023) dan mengganti asam urat sebagai molekul target dengan metilen biru.

1. Variasi Jumlah *Methacrylic Acid* (MAA)

Ke dalam lima botol vial ditimbang 1 mg MB, kemudian ditambahkan MAA dan EGDMA dengan perbandingan 0.01 mol : 0.005 mol yang jika dibulatkan maka variasi jumlah MAA ialah 1, 2, 3, 4, dan 5 mol. Lalu, masing-masing vial ditambahkan 0.03 g DMPP. Setelah itu, dilakukan sonikasi selama 60 menit. Setelah semua bahan homogen, campuran dituangkan ke dalam cawan petri dan dilakukan proses polimerisasi dengan sinar UV sambil dialiri gas nitrogen secara kontinu selama 5 menit.

2. Variasi Jumlah *Ethylene glycol dimethacrylate* (EGDMA)

Ke dalam lima botol vial ditimbang 1 mg MB, kemudian ditambahkan MAA dengan jumlah optimum dan EGDMA dengan perbandingan 0.02 mol : 0.005 mol yang jika dibulatkan maka variasi jumlah EGDMA ialah 1, 2, 4, 5, 10, 20, dan 25 mol. Lalu, masing-masing vial ditambahkan 0.03 g DMPP.

3. Analisis Ekstraksi dan Penyerapan Metilen Biru dari PBM-MB

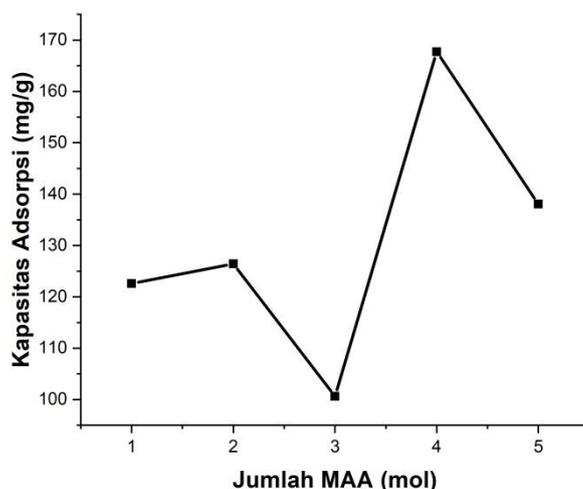
Analisis ekstraksi metilen biru dari PBM dilakukan dengan merendam 0.1 g PBM-MB ke dalam 2 mL asetonitril selama 60 menit. Sedangkan analisis serapan membrane PBM-MB terhadap metilen biru dilakukan dengan cara merendam PBM-MB yang telah diekstrak ke dalam larutan metilen biru 20 ppm selama 60 menit. Kemudian larutan metilen biru sebelum dan setelah pengontakkan diukur absorbansinya untuk mengetahui konsentrasi larutan

metilen biru yang terserap menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis pada panjang gelombang 608 nm, maka diperoleh variasi jumlah MAA dan EGDMA optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan Jumlah Optimum *Methacrylic Acid* (MAA)

Pemilihan monomer fungsional harus diperhatikan karena merupakan salah satu komponen penting yang berperan dalam interaksi antara molekul target dan komponen polimerisasi lainnya. Pencocokan fungsional yang saling melengkapi antara molekul target dan monomer fungsional, seperti donor proton dan akseptor proton, sangat penting untuk mencapai pencetakan pembentukan kompleks yang optimal. Untuk pencetakan non-kovalen, rasio molekul target atau monomer yang optimal dapat dicapai dengan menilai berbagai polimer yang dibuat dengan berbagai formulasi. Rasio ini bergantung pada penambahan molekul target. Karena mekanisme umum pembentukan situs pengikatan PBM, monomer fungsional bertanggung jawab atas interaksi pengikatan pada situs pengikatan yang dicetak, dan jumlah mol yang relatif besar biasanya digunakan untuk metode pencetakan molekul non-kovalen. (Soni et al., 2018). Berikut hasil data kapasitas adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 1.



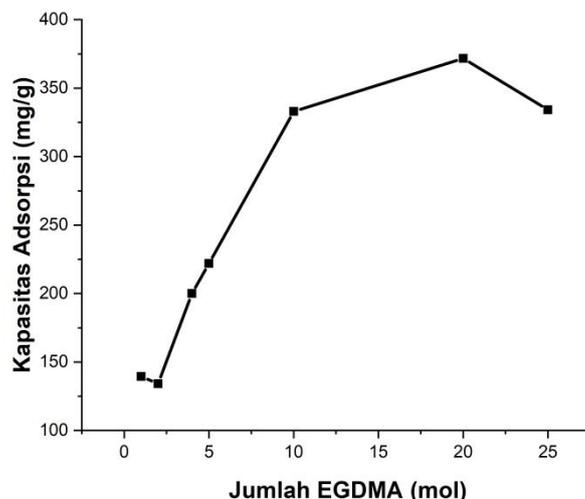
Gambar 1. Pengaruh jumlah MAA terhadap kapasitas adsorpsi MB

Berdasarkan Gambar 1, didapatkan hasil pada jumlah MAA 4 mol (0,02 mol) dan jumlah MB 0,003 mmol maka kapasitas adsorpsi optimal sebesar 167,7 mg/g. Hal ini sesuai dengan teori bahwa MAA dibuat dalam jumlah besar sehingga dapat mengikat seluruh situs aktif pada MB. Pada penelitian ini, pendekatan interaksi polimer-molekul target nonkovalen dipilih karena interaksinya dengan ikatan hidrogen cenderung lebih lemah, dan proses ekstraksi molekul target dapat dilakukan lebih cepat (Sianita, 2021). Interaksi nonspesifik mungkin terjadi jika jumlah monomer fungsional terlalu tinggi.

Afinitas dan selektivitas MIP menunjukkan bagaimana molekul target dan monomer fungsional berinteraksi sampai batas tertentu (Atqa & Sianita, 2021).

B. Penentuan Jumlah Optimum *Ethylene Glycol Dimethacrylate* (EGDMA)

Pada penelitian ini EGDMA dipilih sebagai pengikat silang karena memiliki gugus metakrilat yang dapat berpolimerisasi dengan MAA dan membentuk rantai yang kokoh disekitar kompleks MB-MAA (Butar Butar & Sianita, 2022).



Gambar 2. Pengaruh Jumlah EGDMA terhadap kapasitas adsorpsi MB

Pada grafik di atas, didapatkan hasil jumlah EGDMA 20 mol (0,001 mol), maka kapasitas adsorpsi optimalnya adalah 371,6 mg/g. Jumlah pengikat silang yang tepat sangat penting untuk menjaga stabilitas rongga dan matriks polimer. Selama proses rekombinasi, jumlah ikatan silang yang terlalu tinggi dapat mengurangi kemampuan polimer dan mengganggu difusi substrat ke tempat pengenalan. Di sisi lain, jumlah ikatan silang yang terlalu rendah dapat mengurangi spesifisitas pengikatan PBM (Hasanah et al., 2015).

SIMPULAN

Berdasarkan percobaan variasi jumlah MAA dan EGDMA yang telah dilakukan, maka didapatkan jumlah perbandingan optimum MAA dan EGDMA yaitu 0.02 mol : 0.001 mol atau dengan perbandingan bulatnya ialah 20 mol : 1 mol. Dimana, nilai masing-masing kapasitas adsorpsi variasi jumlah MAA dan EGDMA berturut-turut sebesar 167.7419 mg/g dan 371.6129 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

Atqa, A. R., & Sianita, M. M. (2021). Effect of Chloramphenicol Concentration on Molecularly Imprinted Polymer Adsorption Using Presipitation Method. *UNESA*

- Journal of Chemistry*, 10(3), 257–267.
- Azwir, N., Ulianas, A., & Wahyudi. (2023). *Optimization of Molecularly Imprinted Polymers (MIPs)*. 060004(April).
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7791>
- Butar Butar, M., & Sianita, M. M. (2022). the Effect of Crosslinker Amount on the Synthesis of Molecularly Imprinted Polymer (Mip) Toward Adsorption Capability of Cloramphenicol. *UNESA Journal of Chemistry*, 11(1), 18–25.
- Farooq, S., Nie, J., Cheng, Y., Yan, Z., Li, J., Bacha, S. A. S., Mushtaq, A., & Zhang, H. (2018). Molecularly imprinted polymers' application in pesticide residue detection. *Analyst*, 143(17), 3971–3989. <https://doi.org/10.1039/c8an00907d>
- Hasanah, A. N., Kartasasmita, R. E., & Ibrahim, S. (2015). *Sintesis Sorbent Ekstraksi Fase Padat dengan Teknik Molecular Imprinting dengan Monomer Akrilamid untuk Ekstraksi Glibenklamid dari Serum Darah*. 7(4), 233–241.
- Jupri, R., Fauziah, S., & Taba, P. (2022). Sintesis Dan Karakterisasi Molecularly Imprinted Polymers Menggunakan Metil Metakrilat Dan Etilen Glikol Dimetakrilat Sebagai Adsorben Di-(2-Etilheksil) Ftalat (Synthesis and Characterization of Molecularly Imprinted Polymers Using Methyl Methacrylate and. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 5(3), 105. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v5i3.59132>
- Mustapa, Zulfikar, M. A., & Amran, M. B. (2016). Sintesis Molecularly Imprinted Polymer (MIP) untuk Penghilangan Zat Warna basa (Basic Dye) dari Larutan Berair. *Prosiding SNIPS 2016*, ISBN: 978-, 532–537.
- Ngatijo, N., Gusmaini, N., Bemis, R., & Basuki, R. (2021). Adsorpsi Methylene Blue pada Nanopartikel Magnetit tersalut Asam Humat: Kajian Isoterm dan Kinetika. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(1), 51. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i1.8433.51-64>
- Rha Hayu, L. D., Nasra, E., Azhar, M., & Etika, S. B. (2022). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus* Murr.). *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113349>
- Sianita, E. O. F. L. and M. M. (2021). *the Effect of Variation Extractant Composition on Adsorption Capability*. 10(3), 337–347.
- Sirumapea, L., Zulfikar, M. A., Amran, M. B., & Alni, A. (2018). An Optimization of Functional Monomer, A Preliminary Study of Meropenem Imprinted Polymer as Selective Sorbent. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 3(2), 103. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v3i2.22386>
- Soni, D., Hasanah, A. N., & Mutakin. (2018). Selection of Functional Monomers on Diazepam Molecularly Imprinted Polymer (MIP) with Computational Techniques. *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 9(2), 1–15.