

Polimer Bercetakan Molekul sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru

Mustapa^{*a}, Muhammad Ali Zulfikar^b

^aJurusan Kimia, FMIPAK, Universitas Negeri Manado, Minahasa, 95619, Indonesia

^bJurusan Kimia, FMIPA, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40116, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diterima 07 Februari 2023

Disetujui 28 April 2023

Key word:

Molecularly imprinted polymers
Methylene blue
Adsorption

Kata kunci:

Polimer bercetakan molekul
Metilen biru
Adsorpsi

ABSTRACT

Molecularly imprinted polymers is a type of synthetic polymer material that has specific recognition capabilities for target molecules. When compared to commonly used adsorbents such as activated carbon, molecularly imprinted polymers have a higher selectivity, and are reusable. In this research, it has been carried out to make molecularly imprinted polymers for the adsorption of methylene blue by applying them to solutions with various variations of pH and adsorption time. The test results showed that the pH of the solution that was the best for the adsorption process was at pH 10 with an absorption proportion of 99.07%, while the most optimal absorption time was 90 minutes with an absorption proportion of 94.20%.

ABSTRAK

Polimer bercetakan molekul adalah salah satu jenis material polimer sintesis yang punya kemampuan pengenalan spesifik pada molekul target. Jika dibanding dengan jenis adsorben yang biasa digunakan misalnya karbon aktif, polimer bercetakan molekul punya selektivitas lebih tinggi, serta pemakaian kembali yang lebih besar. Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan polimer bercetakan molekul untuk adsorpsi zat warna metilen biru dengan mengaplikasikan pada larutan dengan berbagai variasi pH dan waktu adsorpsi. Hasil pengujian diperoleh bahwa pH kondisi larutan yang paling baik untuk proses adsorpsi yaitu pada pH 10 dengan persentase penyerapan sebesar 99,07 %, sedangkan waktu penyerapan yang paling optimal pada saat 90 menit dengan mencapai persentase penyerapan sebesar 94,20 %.

*e-mail: mustapa@unima.ac.id

*Telp: +6285298437147

Pendahuluan

Polimer bercetakan molekul adalah salah satu jenis material polimer sintesis yang punya kemampuan pengenalan spesifik pada molekul target. Jika dibandingkan dengan jenis adsorben yang biasa digunakan misalnya karbon aktif, polimer bercetakan molekul punya selektivitas lebih tinggi, dan pemakaian kembali yang lebih besar. Polimer bercetakan molekul telah digunakan secara luas di berbagai bidang yaitu dalam ekstraksi fase padat [1], sensor [2], dan kromatografi [3]. Teknik polimer bercetakan telah

digunakan untuk ekstraksi selektif zat warna *malachite green* dari sampel air laut. Polimer bercetakan molekul yang digunakan disintesis dari monomer asam metakrilat, etilen glikol dimetakrilat, dan inisiator 2,2-azo bis-isobutironitril [4], [5].

Zat warna digunakan secara luas dalam berbagai bidang industri seperti industri tekstil, plastik, kertas, percetakan, industri cat dan makanan. Telah dilaporkan bahwa sekitar 15% zat warna dilepaskan ke lingkungan setelah proses pewarnaan [6]. Keberadaan zat warna tersebut dalam air walaupun pada konsentrasi yang

rendah dapat mempengaruhi tampilan dan juga kualitas air. Banyak zat warna yang sulit terdegradasi karena strukturnya yang kompleks dan beberapa di antaranya bersifat racun dan karsinogenik [7]. Oleh karenanya, penanganan limbah cair banyak mengandung zat pewarna sebelum dibuang keluar lingkungan adalah penting untuk dilakukan.

Beberapa teknik pengolahan limbah zat warna telah dikembangkan di antaranya pengolahan secara oksidasi [8], biodegradasi [9], kitosan [10], membran [11] dan karbon aktif [12]. Dewasa ini, metoda yang banyak dilakukan pada pengolahan limbah pewarna yaitu metoda adsorpsi. [13] dan [14] telah melaporkan bahwa karbon aktif menunjukkan efisiensi penyerapan yang tinggi terhadap metilen biru karena mempunyai kestabilan mekanik dan kimia yang baik, luas permukaan yang besar dan kapasitas adsorpsi yang tinggi. Selain itu [15] juga telah mengembangkan metode hidrotermal untuk degradasi fotokatalitik zat warna. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini akan dibuat suatu adsorben polimer bercetakan molekul menggunakan asam metakrilat dan divinil benzena untuk digunakan sebagai material adsorben zat warna.

Bahan dan Metode

Bahan dan Peralatan

Adapun bahan yang digunakan yaitu zat warna metilen biru, divinil benzena, asam metakrilat, aseton, metanol, dan air bebas mineral. Peralatan yang digunakan yaitu peralatan gelas, neraca analitik, pH meter, pengaduk magnet, mortar, pengayak, oven, spektrofotometer FTIR, dan spektrofotometer UV-Vis.

Pembuatan Polimer Bercetakan Molekul

Zat warna metilen biru dicampur dengan asam metakrilat dan divinil benzena. Campuran didiamkan dalam penangas es. Selanjutnya campuran monomer tersebut dipanaskan pada suhu temperatur 70 °C selama 10 menit sambil diaduk. Polimer yang terbentuk dibilas dengan menggunakan air bebas mineral dan dikeringkan dalam oven. Selanjutnya digerus dan diayak pada ukuran 60-80 mesh, kemudian disuspensikan dalam aseton dan dicuci dengan metanol lalu dikeringkan dalam oven.

Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul

Polimer Bercetakan Molekul dikarakterisasi dengan menggunakan spektroskopi FTIR yaitu dengan cara polimer adsorben dicampurkan dengan serbuk KBr dan dipreparasi dengan teknik pelet KBr, pelet diletakkan pada pemegang sampel dan kemudian dianalisis pada bilangan gelombang 450-4000 cm⁻¹.

Pengujian Polimer Bercetakan Molekul

Pengaruh pH adsorpsi diuji dengan cara polimer bercetakan molekul 0,05 g ditambahkan ke dalam larutan metilen biru 100 ppm dengan variasi pH 2-12 dan diaduk selama 12 jam. Campuran kemudian disentrifugasi dan filtratnya ditentukan konsentrasinya dengan spektrofotometer UV-Vis.

Pengaruh waktu adsorpsi diuji dengan cara polimer bercetakan molekul 0,05 g dikontakkan dalam 25 mL larutan metilen biru 100 ppm dengan variasi waktu 10-150 menit. Campuran kemudian disentrifugasi dan filtratnya ditentukan konsentrasinya dengan spektrofotometer UV-Visible.

Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Polimer Bercetakan Molekul

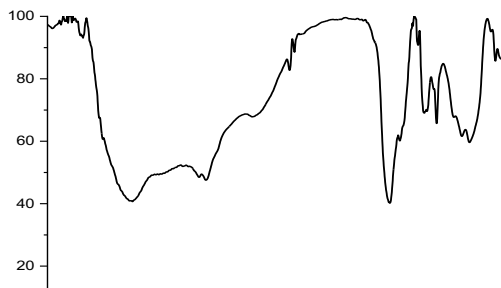
Pembuatan adsorben polimer bercetakan molekul dilakukan dengan jalan pencampuran zat warna metilen biru dengan asam metakrilat dan divinil benzena. Senyawa divinil benzena berfungsi sebagai pengikat silang yang membentuk jembatan silang pada polimer sehingga polimer yang terbentuk lebih kokoh. Tahapan selanjutnya adalah polimerisasi antara monomer-monomer dan zat pengikat silang. Metanol dan asam asetat digunakan untuk melepaskan senyawa metilen biru yang terdapat dalam polimer sehingga terbentuk cetakan yang sesuai dengan senyawa metilen biru yang akan diadsorpsi nanti.

Polimer bercetakan molekul yang dihasilkan digerus sampai halus dengan menggunakan mortar dan diayak dengan ukuran 60-80 mesh sehingga diperoleh ukuran partikel adsorben yang seragam. Hasil ayakan dicuci larutan aseton yaitu dengan mensuspensikan

polimer dalam aseton dan disaring, kemudian dikeringkan menggunakan oven. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan sisa-sisa monomer yang tidak bereaksi membentuk polimer.

Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul

Polimer bercetakan molekul yang diperoleh dikarakterisasi dengan melihat gugus-gugus fungsi yang terdapat pada adsorben yaitu dengan menggunakan instrumen spektroskopi inframerah. Hasil spektrum spektroskopi FTIR yang diperoleh dapat terlihat pada gambar berikut.



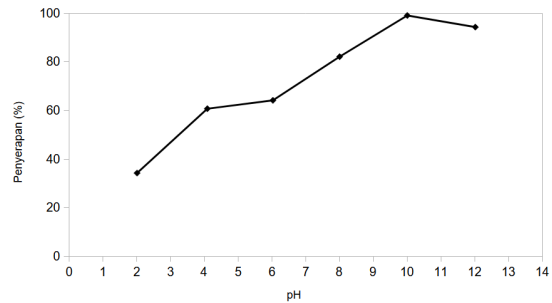
Gambar 1. Spektrum FTIR Polimer Bercetakan Molekul

Spektrum FTIR polimer bercetakan molekul menunjukkan adanya puncak serapan yang tajam pada bilangan gelombang 1699 cm^{-1} mengindikasikan adanya vibrasi ulur dari ikatan C=O yang berasal dari asam metakrilat. Pada bilangan gelombang 1163 cm^{-1} muncul pula puncak serapan yang mengindikasikan adanya vibrasi ikatan gugus C-OH. Kemudian pada bilangan gelombang 3429 cm^{-1} muncul pita serapan yang melebar dengan intensitas yang kuat yang berasal dari vibrasi ulur ikatan O-H. Demikian pula vibrasi ulur dari ikatan C-H muncul pada bilangan gelombang 2935 cm^{-1} dengan intensitas puncak serapan melebar.

Pengaruh pH Adsorpsi

Parameter pH adalah salah satu parameter yang berpengaruh saat proses adsorpsi senyawa zat warna. Untuk mempelajari pengaruh dari pH terhadap kemampuan proses adsorpsi, sejumlah adsorben polimer bercetakan molekul dikontakkan dengan larutan metilen biru dengan

variasi pH larutan dari 2 sampai 12. Pengaruh pH larutan terhadap persentase penyerapan dapat terlihat pada gambar berikut.

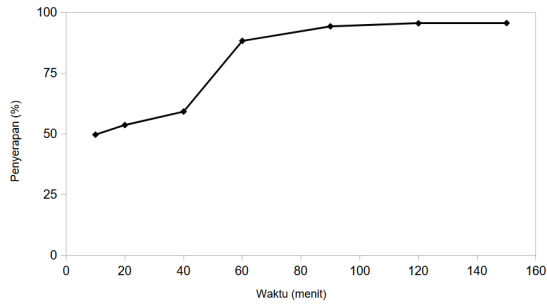


Gambar 2. Pengaruh pH Adsorpsi

Persentase penyerapan adsorben polimer bercetakan molekul pada pH yang rendah masih sedikit sekali, hal ini dikarenakan banyaknya ion H^+ pada permukaan adsorben dan adsorbennya terprotonasi menjadikan interaksinya dengan senyawa adsorbat bermuatan positif lebih berkurang. Kemampuan penyerapan meningkat dengan peningkatan pH larutan dan penyerapan yang optimum terjadi pada saat pH 10. Pada pH yang tinggi, permukaan adsorben tersebut terdeprotonasi sehingga permukaannya bermuatan negatif [16], hal ini menyebabkan meningkatnya interaksi elektrostatis antara adsorben polimer bercetakan molekul dan senyawa adsorbat.

Pengaruh Waktu Adsorpsi

Dalam mempelajari pengaruh waktu kontak terhadap kemampuan adsorpsi dari adsorben polimer bercetakan molekul, sejumlah adsorben polimer bercetakan molekul ditambahkan ke dalam larutan zat warna metilen biru dengan pH 10 dan memvariasikan waktu penyerapan dari 10 menit hingga 150 menit. Pengaruh waktu kontak terhadap persentase penyerapan dapat terlihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Adsorpsi

Banyaknya senyawa metilen biru yang diserap oleh adsorben polimer bercetakan molekul meningkat seiring bertambahnya waktu kontak dan mencapai keadaan jenuh pada waktu 90 menit. Persentase penyerapan meningkat pada awal adsorpsi, ini dikarenakan masih banyak tersedia sisi aktif adsorben untuk menyerap senyawa zat warna metilen biru [17]. Namun semakin bertambahnya waktu kontak, semakin berkurang sisi aktif yang tersedia, bahkan setelah waktu kontak 90 menit sisi-sisi aktif adsorben yang tersedia sangat sedikit jumlahnya sehingga adsorbat metilen biru yang dapat diserap cenderung konstan dan tidak berubah lagi secara signifikan.

Kesimpulan

Polimer bercetakan molekul dapat digunakan sebagai material adsorben zat warna dan berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa pH kondisi larutan yang paling baik untuk proses adsorpsi yaitu pada pH 10 dengan persentase penyerapan sebesar 99,07 %, sedangkan waktu penyerapan yang paling optimal pada saat 90 menit dengan mencapai persentase penyerapan sebesar 94,20 %.

Daftar Pustaka

- [1] R. Song, X. Hu, P. Guan, J. Li, N. Zhao, dan Q. Wang, "Molecularly imprinted solid-phase extraction of glutathione from urine samples," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 44, hlm. 69–75, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.08.005>.
- [2] R. W. Kibechu, M. A. Mamo, T. A. M. Msagati, S. Sampath, dan B. B. Mamba, "Synthesis and application of reduced graphene oxide and molecularly imprinted polymers composite in chemo sensor for trichloroacetic acid detection in aqueous solution," *Phys. Chem. Earth Parts ABC*, vol. 76–78, hlm. 49–53, 2014, doi: 10.1016/j.pce.2014.09.008.
- [3] X. Sun dkk., "Highly class-selective solid-phase extraction of bisphenols in milk, sediment and human urine samples using well-designed dummy molecularly imprinted polymers," *J. Chromatogr. A*, vol. 1360, hlm. 9–16, 2014.
- [4] Z. Lian dan J. Wang, "Molecularly imprinted polymer for selective extraction of malachite green from seawater and seafood coupled with high-performance liquid chromatographic determination," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 64, no. 12, hlm. 2656–2662, 2012.
- [5] C. Long dkk., "Determination of multi-residue for malachite green, gentian violet and their metabolites in aquatic products by high-performance liquid chromatography coupled with molecularly imprinted solid-phase extraction," *J. Chromatogr. A*, vol. 1216, no. 12, hlm. 2275–2281, 2009.
- [6] S. Chowdhury, R. Mishra, P. Saha, dan P. Kushwaha, "Adsorption thermodynamics, kinetics and isosteric heat of adsorption of malachite green onto chemically modified rice husk," *Desalination*, vol. 265, no. 1–3, hlm. 159–168, 2011.
- [7] X. Luo, Y. Zhan, Y. Huang, L. Yang, X. Tu, dan S. Luo, "Removal of water-soluble acid dyes from water environment using a novel magnetic molecularly imprinted polymer," *J. Hazard. Mater.*, vol. 187, no. 1–3, hlm. 274–282, 2011.
- [8] E. Aazam, "Photocatalytic oxidation of methylene blue dye under visible light by Ni doped Ag₂S nanoparticles," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 20, no. 6, hlm. 4033–4038, 2014.
- [9] J. Liu, X. Li, J. Luo, C. Duan, H. Hu, dan G. Qian, "Enhanced decolourisation of methylene blue by LDH-bacteria aggregates with bioregeneration," *Chem. Eng. J.*, vol. 242, hlm. 187–194, 2014.
- [10] Z. Karim, A. P. Mathew, M. Grahn, J. Mouzon, dan K. Oksman, "Nanoporous membranes with cellulose nanocrystals as functional entity in chitosan: removal of dyes from water," *Carbohydr. Polym.*, vol.

- 112, hlm. 668–676, 2014.
- [11] E. Alventosa-deLara, S. Barredo-Damas, M. Alcaina-Miranda, dan M. Iborra-Clar, “Ultrafiltration technology with a ceramic membrane for reactive dye removal: optimization of membrane performance,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 209, hlm. 492–500, 2012.
- [12] G. Duran-Jimenez, V. Hernandez-Montoya, M. A. Montes-Moran, A. Bonilla-Petriciolet, dan N. A. Rangel-Vazquez, “Adsorption of dyes with different molecular properties on activated carbons prepared from lignocellulosic wastes by Taguchi method,” *Microporous Mesoporous Mater.*, vol. 199, hlm. 99–107, 2014.
- [13] M. Ghaedi, A. G. Nasab, S. Khodadoust, M. Rajabi, dan S. Azizian, “Application of activated carbon as adsorbents for efficient removal of methylene blue: Kinetics and equilibrium study,” *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 20, no. 4, hlm. 2317–2324, 2014.
- [14] G. Karaçetin, S. Sivrikaya, dan M. Imamoğlu, “Adsorption of methylene blue from aqueous solutions by activated carbon prepared from hazelnut husk using zinc chloride,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 110, hlm. 270–276, 2014.
- [15] R. Mohamed dan E. Aazam, “Novel Ag/YVO₄ nanoparticles prepared by a hydrothermal method for photocatalytic degradation of methylene-blue dye,” *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 20, no. 6, hlm. 4377–4381, 2014.
- [16] J. Singh, K. J. Reddy, Y.-Y. Chang, S.-H. Kang, dan J.-K. Yang, “A novel reutilization method for automobile shredder residue as an adsorbent for the removal of methylene blue: Mechanisms and heavy metal recovery using an ultrasonically assisted acid,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 99, hlm. 88–97, 2016.
- [17] J. Fu *dkk.*, “Adsorption of methylene blue by a high-efficiency adsorbent (polydopamine microspheres): kinetics, isotherm, thermodynamics and mechanism analysis,” *Chem. Eng. J.*, vol. 259, hlm. 53–61, 2015.