

**ADSORPSI KLORAMFENIKOL METODE SOLID PHASE EXTRACTION (SPE)
SEDERHANA PADA MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP) DENGAN
BERBASIS REAKSI DIAZOTASI**

N. Syafa'ati, M. M. Sianita*

Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

**Email: mariamonica@unesa.ac.id*

Article Received on: 8th November 2024

Revised on: 26th May 2025

Accepted on: 1st July 2025

ABSTRAK

Molecularly Imprinted Polymers (MIP) adalah polimer sintesis yang memiliki kemampuan untuk mengenali molekul targetnya secara spesifik. Pada penelitian ini MIP digunakan sebagai adsorben untuk penyerapan kloramfenikol dengan metode adsorpsi SPE sederhana. Proses sintesis dilakukan dengan metode polimerisasi presipitasi dengan perbandingan *template*, monomer, dan *cross-linker* sebesar 1:3:18 mmol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik MIP yang diuji dengan instrument FTIR untuk mendeteksi gugus fungsi -NO₂ dan SEM untuk menunjukkan struktur permukaan dan melihat rongga dari MIP serta mengetahui besarnya kapasitas pada metode SPE sederhana yang diterapkan pada adsorpsi dengan MIP sebagai adsorben. Pengujian dilakukan dengan menggunakan prinsip reaksi diazotasi. Pengujian kapasitas adsorpsi dilakukan pada konsentrasi 10, 25, 50, 75, dan 100 ppm. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas adsorpsi paling besar 10,157 mg/g. Hasil analisa FTIR menunjukkan gugus NO₂ pada NIP terdapat pada bilangan gelombang 1536 cm⁻¹ dan puncak tersebut hilang pada MIP menunjukkan bahwa kloramfenikol berhasil terekstrak. Dari hasil analisis yang dilakukan, metode SPE sederhana dapat dijadikan alternatif untuk metode adsorpsi dengan MIP sebagai adsorben.

Kata kunci: adsorpsi, kloramfenikol, SPE, MIP, diazotasi

ABSTRACT

Molecularly Imprinted Polymers (MIPs) are synthetic polymers that can specifically recognize their target molecules. In this study, MIP was used as an adsorbent for chloramphenicol sorption by a simple SPE adsorption method. The synthesis process was carried out using the precipitation polymerization method with a template, monomer, and cross-linker ratio of 1:3:18 mmol. This study aimed to determine the characteristics of MIP analyzed by FTIR to detect the presence of -NO₂ group. Functional groups and SEM were carried out to show the surface structure, the cavity of MIP, and also to determine the capacity in a simple SPE method applied to adsorption. The test was conducted using the principle of diazotation reaction. Adsorption was conducted at concentrations of 10, 25, 50, 75, and 100 ppm. The results showed that the largest adsorption capacity was 10.157 mg/g. The results of FTIR analysis showed that the NO₂ group in NIP was detected at a wavenumber of 1536 cm⁻¹. And the peak disappeared in MIP, indicating that chloramphenicol was successfully extracted. The analysis results showed that the simple SPE method can be used as an alternative to the adsorption method with MIP as the adsorbent.

Keywords: adsorption, chloramphenicol, SPE, MIP, diazotation

PENDAHULUAN

Kloramfenikol adalah antibiotik spektrum luas terhadap bakteri aerobik, anaerobik dan jamur (Juliana & Yulian, 2020). Kloramfenikol merupakan antibiotik sintesis digunakan untuk menyembuhkan infeksi bakteri dan mencegah penyakit pada hewan. Kloramfenikol biasanya digunakan sebagai bahan tambahan pada pakan hewan, hal ini dapat hal ini dapat menyebabkan residu tertinggal pada tubuh hewan seperti

unggas, ikan, udang, dan kepiting. Residu dapat tertinggal pada produk yang dihasilkan seperti susu dan telur (Wang *et al.*, 2021).

Batas yang ditetapkan oleh EU (*European Union*) adalah maksimum 0,3 µg/kg untuk kloramfenikol yang terkandung dalam makanan (Commission Decision EU, 2005). Sementara itu, BMR (Batas Maksimum Residu) untuk kloramfenikol yang dapat diterima dalam bahan pangan asal hewan adalah sebesar 0,01 mg/kg menurut SNI-01-6366-2000 (Sari & Hafiludin,

2023). USFDA juga telah menetapkan *zero tolerance* pada makanan di Amerika karena dapat menyebabkan dampak yang buruk jika terakumulasi ke dalam tubuh manusia yang masuk melalui hewan yang dimakan (Commission Decision EU, 2005). Dampak buruk yang ditimbulkan yaitu dapat menyebabkan penyakit anemia aplastik, gangguan dalam pembentukan sel darah merah (supresi sumsum tulang), sindrom abu-abu pada bayi, dan kelainan darah (Xie et al., 2018).

Mengingat besarnya penyebaran dan dampak negatif kloramfenikol terhadap lingkungan dan manusia, maka diperlukan cara untuk memantau dan mengawasi sisa kloramfenikol pada makanan yang berasal dari hewan. Adsorpsi adalah salah satu metode fisikokimia yang paling banyak digunakan. adsorpsi merupakan suatu proses dimana zat-zat terlarut dalam suatu larutan terakumulasi pada permukaan suatu zat atau benda penyerap, dimana terbentuklah ikatan fisikokimia antara zat tersebut dengan penyerap (Purwitasari et al., 2022).

Salah satu teknik yang saat ini berkembang dan banyak digunakan adalah penggunaan polimer yang dicetak secara molekuler atau *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) sebagai adsorben. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak digunakan MIP dengan kloramfenikol sebagai template untuk mendeteksi kloramfenikol dalam sampel makanan yang berasal dari hewan (Zhang et al., 2018). MIP memiliki beberapa kelebihan yaitu stabilitas yang tinggi. MIP ini dapat digunakan pada kondisi yang ekstrim seperti pada suhu tinggi, tekanan tinggi, pH yang sangat ekstrim dan pada pelarut organik. Monomer yang bisa digunakan untuk dijadikan polimer MIP adalah asam akrilat, asam metakrilat, N,N-dimetilakrilamid atau DMMA (Tristi & Muchtaridi, 2018)

Saat ini banyak para peneliti menggunakan suatu metode terbaru yaitu SPE (*Solid Phase Extraction*). SPE merupakan metode ekstraksi fase padat yang dapat digunakan untuk analisis, pemisahan, purifikasi sampel dalam bidang industri, farmasi, maupun analisis toksikologi. Kekurangan dari metode ini adalah alat dari SPE sangat mahal dan proses yang rumit, serta cartridge SPE hanya dapat digunakan sekali (disposable) sehingga biaya yang digunakan untuk analisis menjadi mahal, dan waktu analisis yang dibutuhkan lebih lama (Stone, 2017). Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan percobaan metode SPE sederhana yang diterapkan pada adsorpsi kloramfenikol. Metode ini dilakukan

dengan menggunakan alat sederhana yang mudah dijumpai dan relatif murah dibandingkan dengan alat SPE asli.

MATERI DAN METODE

Bahan

Beberapa bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kloramfenikol (CAP) (*Sigma Aldrich*), asam metakrilat (MAA) (*Merck*) 99%, asetonitril (*Sigma Aldrich*) 99,9%, etilen glikol dimetakrilat (EGDMA) (*Sigma Aldrich*) 98% , benzoil peroksida (*Sigma Aldrich*), metanol 99,9%, asam asetat glasial, aquabidest dan gas N₂ (UHP) (PT. Matesu Gotty Abadi), Etanol (*Merck*).

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian neraca analitik, *magnetic stirrer*, *hot plate stirrer*, statif, klem, termometer, pipet, spatula, corong filter, pompa vacum, oven, botol infus, *syringe*, *pediatric*, tabung reaksi, gelas ukur spektrofotometer UV-Vis.

Cara Kerja

Sintesis NIP (*Non-Imprinted Polymer*) dan Polimer Blanko

Tahap sintesis diawali dengan melarutkan 0,336 g (1 mmol) kloramfenikol ke dalam asetonitril sebanyak 25 mL. Kemudian ditambahkan MAA (3 mmol) dan divortex. Selanjutnya larutan didiamkan selama 10 menit kemudian ditambahkan EGDMA (18 mmol), dilakukan vortex setelah penambahan. Setelah itu, larutan ditutup dengan aluminium foil dan dialiri dengan gas nitrogen selama 5 menit, lalu ditambahkan dengan BPO sebanyak 0,05 gram, kemudian dialiri dengan gas nitrogen kembali selama 5 menit. Dimasukkan ke dalam penangas air dengan suhu 70°C dengan stirrer hingga terbentuk pasta. Polimer yang dihasilkan dicuci dengan aquabidest dan asetonitril. Dikeringkan pada oven suhu 40°C hingga didapatkan berat konstan.

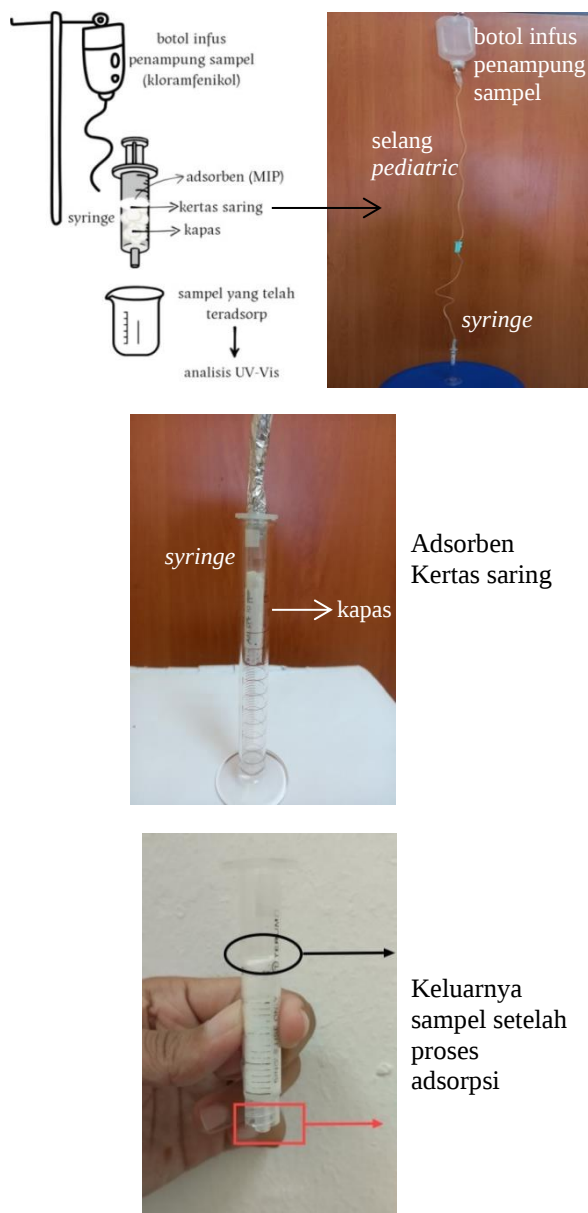
Ekstraksi MIP (*Molecularly Imprinted Polymer*)

Langkah awal yang dilakukan adalah menambahkan campuran metanol:asetonitril (80:20) v/v ke dalam Erlenmeyer tutup hitam yang berisi 0,5 g NIP. Kemudian dimasukkan ke penangas air dan distirer dengan kecepatan 350 rpm selama 5 jam. Hasil dari ekstraksi dicuci dengan aquabidest, metanol, dan asetonitril. Dikeringkan pada suhu 40°C hingga didapatkan berat konstan. Filtrat hasil ekstraksi yang masih

terdapat kandungan kloramfenikol kemudian dianalisis menggunakan UV-Vis sehingga dapat dihitung persen ekstraksinya.

Rancangan Alat SPE Sederhana

Rancangan alat SPE sederhana dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Alat SPE Sederhana

Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Adsorpsi dilakukan dengan menyiapkan alat-alat yang dirancang mirip dengan alat SPE yaitu dengan menggunakan infus, selang *pediatric*, dan *syringe*. Langkah awal yang dilakukan adalah memasukkan kapas dan kertas

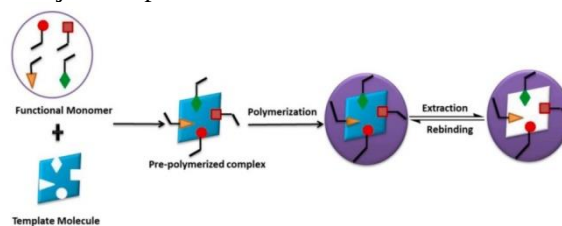
saring pada syringe (sebagai kolom), ke dalam kolom di masukkan MIP sebanyak 0,05 gram. Kemudian membuat larutan kloramfenikol dengan variasi konsentrasi 10, 25, 50, 75, dan 100 ppm dengan campuran pelarut etanol dan aquabides (20 : 80). Larutan kloramfenikol dimasukkan ke dalam infus sebanyak 25 mL, lalu selang *pediatric* dimasukkan ke dalam infusnya dan diatur kecepatan aliran hingga stabil. Larutan dibiarkan menetes hingga habis. Dilakukan pengulangan adsorpsi sebanyak 3 kali. Hasil dari adsorpsi dianalisis menggunakan UV-Vis sehingga dapat dihitung kapasitas adsorpsinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis NIP (*Non-Imprinted Polymer*) dan Polimer Blanko

Pembuatan *Non-Imprinted Polymer* (NIP) dilakukan dengan metode presipitasi. Dalam penelitian ini digunakan perbandingan *template*, monomer, dan *cross-linker* sebesar 1:3:18 mmol. Hal pertama yang dilakukan adalah melarutkan *template* dengan porogen. Kedua komponen tersebut selanjutnya dicampurkan dengan MAA, EGDMA, dan BPO. Sebelum dan sesudah penambahan BPO dilakukan pengaliran gas nitrogen, hal ini bertujuan untuk menghilangkan gas oksigen sehingga tidak mengganggu proses sintesis.

Setelah dialiri gas nitrogen, dimasukkan ke dalam penangas air dengan suhu 70°C dan distirer hingga terbentuk pasta. Kemudian dilakukan pencucian dengan menggunakan aquabides dan asetonitril. Kemudian dikeringkan pada oven dengan suhu 40°C hingga didapatkan berat konstan. Polimer setelah kering berbentuk padatan berwarna putih, polimer ini disebut dengan *Non-Imprinted Polymer* (NIP). Untuk membuat polimer blanko dilakukan prosedur yang sama tanpa adanya penambahan *template*. Skema polimerisasi dan proses ekstraksi ditunjukkan pada Gambar 2.

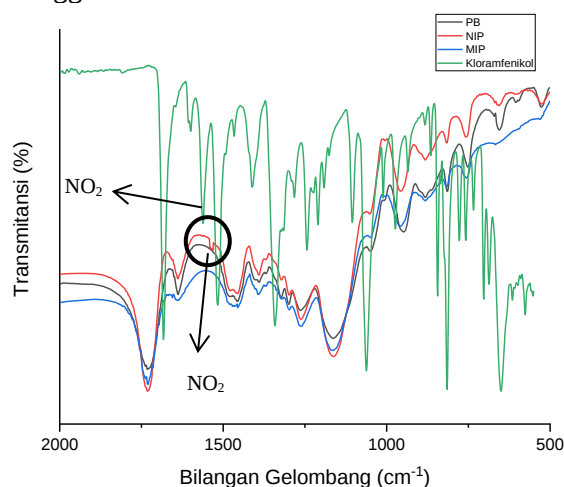


Gambar 2. Sistematika Proses Polimerisasi dan Ekstraksi MIP. Sumber: (Sajini & Mathew, 2021)

Proses *Leaching* (Ekstraksi)

Ekstraksi merupakan proses *leaching template* yang telah tercetak dengan tujuan menghasilkan rongga cetakan (*cavities*) yang sesuai dengan molekul target. Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan metode maserasi. Polimer ditimbang sebanyak 0,5 g untuk dilakukan proses ekstraksi dengan campuran 100 mL methanol dan asam asetat dengan perbandingan (85:15) yang dimasukkan dalam wadah tertutup. Ekstraksi dilakukan selama 5 jam pada penangas air dengan suhu 70°C. Kemudian disaring dan dikeringkan pada suhu 40°C hingga didapatkan berat konstan. Polimer yang telah kering ini disebut dengan Molecularly Imprinted Polymer (MIP) yang digunakan sebagai adsorben untuk adsorpsi kloramfenikol.

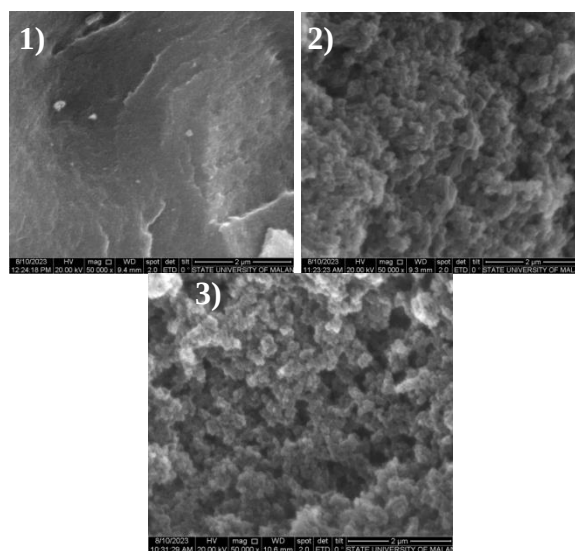
Adsorben yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui ikatan kimia dan gugus fungsi, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk diamati morfologi permukaan dan rongga pada polimer. Gambar 3 menunjukkan hasil analisa FTIR dan Gambar 4 merupakan hasil karakterisasi dengan menggunakan SEM.



Gambar 3. Karakterisasi FTIR

Spektra kloramfenikol terdapat gugus -NO₂ pada bilangan gelombang 1561 cm⁻¹. Pada spektra NIP terdapat puncak gugus -NO₂ pada bilangan gelombang 1536 cm⁻¹, hal ini menunjukkan bahwa pada polimer ini masih terdapat kloramfenikol yang merupakan *template*. Sedangkan pada spektra MIP dan PB tidak ditemukan puncak serapan gugus -NO₂, karena pada pembuatan PB, kloramfenikol tidak diikuti. Pada spektra MIP puncak serapan gugus NO₂ hilang karena MIP sudah melalui tahap ekstraksi (*leaching*) *template* kloramfenikol. Hal ini menandakan bahwa *template* telah berhasil terekstrak.

Gambar 4 menunjukkan hasil karakterisasi dengan SEM. Dari ketiga gambar tersebut terlihat perbedaan ketiga polimer tersebut. Polimer blanko (1) memiliki permukaan yang paling halus dan tidak terlihat adanya pori, sementara NIP (2) dan MIP (3) memiliki permukaan yang lebih kasar. Pada permukaan NIP terlihat lebih kasar dan terbentuk seperti *cluster-cluster*, hal ini diasumsikan bahwa *cluster* tersebut merupakan kloramfenikol yang dicetak. Permukaan MIP memiliki lebih banyak rongga daripada NIP, karena pada MIP telah terjadi pelepasan molekul yang telah dicetak (kloramfenikol). Ukuran rata-rata pori pada permukaan PB, NIP dan MIP adalah 18,1 nm, 32,8 nm dan 38,7 nm, dalam hal ini terlihat ukuran pori pada MIP lebih besar karena kloramfenikol yang dicetak pada NIP sudah terlepas. Pori-pori yang semakin besar memadai untuk penyerapan kloramfenikol, sehingga kloramfenikol dapat teradsorpsi dengan baik oleh MIP (Sianita, 2018).



Gambar 4. Karakterisasi SEM

Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *Solid Phase Extraction* (SPE) sederhana yang menggunakan syringe sebagai kolom. Alat SPE sederhana dirancang dengan menimbang kapas lalu dimasukkan ke dalam syringe kemudian diberi kertas saring untuk tempat adsorben. Setelah itu disusun dengan tempat infus sebagai penampung larutan yang akan diadsorpsi. Rancangan alat sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1. Pengujian adsorpsi dilakukan dengan variasi konsentrasi 10, 25, 50, 75, dan 100 ppm.

Adsorpsi dilakukan dengan menimbang MIP sebesar 0,05 g dimasukkan ke dalam syringe,

lalu sebanyak 25 mL larutan yang mengandung kloramfenikol dalam air dan etanol dengan perbandingan (80:20) v/v dimasukkan ke dalam infus. Kemudian aliran infus diatur agar tidak terlalu cepat atau lambat. Hasil yang telah diadsorpsi dilakukan proses reduksi dan diazotasi untuk dapat dianalisis dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis 400 - 700 nm. Pada pengujian konsentrasi kloramfenikol ini ditemukan panjang gelombang maksimum pada 567 nm. Didapatkan hasil data adsorpsi dengan pengulangan sebanyak 3 kali pada Tabel 1.

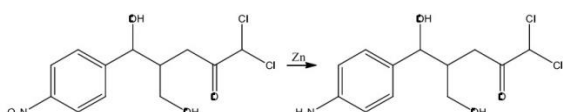
Tabel 1. Hasil Adsorpsi MIP SPE

Konsentrasi (ppm)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)		
	1	2	3
10	0,4399	0,4799	0,5199
25	1,3396	1,4196	1,2197
50	4,0869	3,4671	4,1209
75	10,1573	9,4775	10,0374
100	8,3978	8,8777	7,6580

Kapasitas adsorpsi mengalami peningkatan pada konsentrasi 10 sampai dengan 75 ppm penyerapan adsorpsi paling banyak pada konsentrasi 75 ppm. Pada konsentrasi 100 ppm mengalami penurunan, hal ini disebabkan pada konsentrasi tersebut sudah tercapai kondisi jenuh, sehingga kemampuan adsorben untuk menyerap analit lebih lanjut akan menjadi berkurang (Wijayanti & Kurniawati, 2019). Kapasitas adsorpsi lebih banyak daripada penelitian sebelumnya dengan metode batch sehingga dapat digunakan sebagai alternatif metode adsorpsi dengan MIP sebagai adsorben.

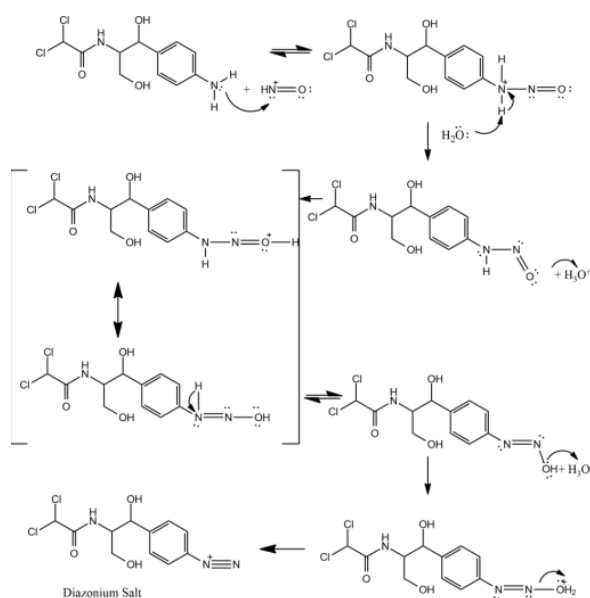
Proses Diazotasi

Semua sampel yang akan diuji dilakukan proses reduksi dan diazotasi terlebih dahulu. Reduksi dilakukan dengan menambahkan asam format dan reduktor Zn. Penambahan asam berfungsi untuk mengaktifkan logam Zn, sehingga memberikan elektronnya ke gugus $-\text{NO}_2$. Dalam proses reduksi ini, gugus nitro pada kloramfenikol direduksi menjadi gugus amina, seperti pada Gambar 5.



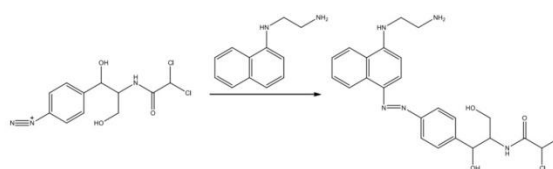
Gambar 5. Mekanisme Reaksi Reduksi
Sumber : (Almira & Sianita, 2022)

Setelah kloramfenikol direduksi, ditambahkan natrium nitrit (NaNO_2) dan asam klorida (HCl) dilakukan pada suhu $<15^\circ\text{C}$. Asam nitrit (HONO), prekursor ion nitrosonium (NO^+), dihasilkan dari reaksi antara NaNO_2 dan HCl . Ion ini akan bereaksi dengan kloramfenikol tereduksi untuk menghasilkan garam diazonium sebelum agen pengkopling ditambahkan. Setelah itu ditambahkan dengan ammonium sulfamat dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan/mengurangi kelebihan natrium nitrit yang diperlukan untuk reaksi (Azizah, 2015). Mekanisme reaksi diazotasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Mekanisme Reaksi Diazotasi
Sumber : (Khudzaifah & Basukiwardjo, 2022)

Garam diazonium yang telah terbentuk kemudian direaksikan dengan pengkopling NEDA (*N*-(1-Naphtyl) ethylenediamine dihydrochloride) pada suhu dingin untuk membentuk senyawa azo, seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Mekanisme Reaksi Pembentukan Senyawa Azo

Sumber : (Alrassol et al., 2020)

Reaksi garam diazonium dengan pengkopling NEDA ini menghasilkan senyawa azo yang berwarna ungu. Senyawa azo berwarna ungu

dapat diidentifikasi pada panjang gelombang penyerapan maksimum 567 nm dengan spektrofotometri UV-Vis.

Intensitas warna azo dari sebelum dilakukannya adsorpsi dan sesudah adsorpsi berbeda, warna ungu pada sampel yang belum di adsorpsi akan lebih pekat dibandingkan dengan sampel setelah adsorpsi. Warna ungu pada sampel setelah adsorpsi memudar, hal ini menandakan bahwa turunnya konsentrasi kloramfenikol pada sampel. Gambar 8 menunjukkan intensitas warna ungu pada sampel sebelum dan setelah adsorpsi:



Gambar 8. Intensitas Warna Azo Sebelum dan Setelah Adsorpsi

SIMPULAN

Karakterisasi polimer menggunakan FTIR didapatkan perbedaan pada adanya gugus NO_2 yang merupakan gugus khas dari kloramfenikol. Pada NIP puncak serapan yang mewakili gugus NO_2 terdapat pada bilangan gelombang 1536 cm^{-1} . Karakterisasi MIP dengan FTIR menunjukkan hilangnya puncak yang mewakili gugus NO_2 sebelumnya ada pada NIP. Hasil adsorpsi dengan metode SPE sederhana didapatkan kapasitas adsorpsi paling besar pada konsentrasi 75 ppm dengan kapasitas adsorpsi sebesar 10,1573 mg/g. metode SPE sederhana dapat dijadikan alternatif untuk metode adsorpsi dengan MIP sebagai adsorben dan dapat dijadikan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Almira, N., & Sianita, M. M. 2022. Analysis of Chloramphenicol in Shrimp Using Standard Addition Method Based on Diazotization. *International Journal of Current Science Research and Review*.05(07).
<https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V5-i7-18>

- Alrassol, K. S. A., AL-Salman, H. N. K., Jasim, E. Q., & Hussein, H. H. 2020. Determination and Evaluation of Doses of Metronidazole in Different Quantities and Formulations with Multiple Spectroscopic Methods. *Systematic Reviews in Pharmacy*. 11(05): 130-139.
<https://doi.org/10.31838/srp.2020.5.21>
- Commission Decision EU. 2005. Laying Down Harmonized Standards for The Testing for Certain Residues in Product of Animal Origin Imported from Third Countries. *Official Journal of the European Union*.
- Juliana, M., & Yulian, M. 2020. Identifikasi Kloramfenikol pada Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Menggunakan High Performance Liquid Chromatography (HPLC).
- Khudzaifah, N. A., & Basukiwardojo, M. M. S. 2022. Determination of the optimum concentration of the coupling agent in chloramphenicol analysis. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 15(1): 525-533.
<https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.15.1.0719>
- Purwitasari, D. G., Tussania, R., & Fathoni, R. 2022. Adsorpsi Logam Kadmium (Cd) pada Kadmium Sulfat (CdSO_4) Menggunakan Batang Pohon Pisang Sebagai Adsorben. *Jurnal Chemurgy*. 6(1): 52.
<https://doi.org/10.30872/cmg.v6i1.7905>
- Sajini, T., & Mathew, B. 2021. A brief overview of molecularly imprinted polymers: Highlighting computational design, nano and photo-responsive imprinting. *Talanta Open*. 4: 100072.
<https://doi.org/10.1016/j.talo.2021.100072>
- Sari, J. M., & Hafiludin, H. (2023). Analisis Kadar Residu Antibiotik Kloramfenikol Pada Udang Vannamei (*Litopenaeus Vannamei*) Di Kabupaten Bangkalan Dengan Metode Elisa (Enzym Link Immunosorbent Assay). *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*. 4(2): 84-89.
<https://doi.org/10.21107/juvenil.v4i2.18075>
- Sianita, 2018. "Pengembangan Metode Analisis Kloramfenikol Dalam Akuakultur Secara Fotometrik Menggunakan Molecular Imprinted Polymer (Mip) Sebagai

- Adsorben. Disertasi. Universitas Airlangga (Online)
- Stone, J. 2017. *Sample Preparation Techniques for Mass Spectrometry in the Clinical Laboratory Chapter 3*. Academic Press.
- Tristi, J., & Muchtaridi, M. 2018. *Review: Molecularly Imprinted Polymer (MIP) untuk Isolasi Atenolol dalam Sampel Biologis*. 16.
- Wang, Y., Zhang, W., Mhundu, F., Zhang, Y., Liu, Y., Li, Y., Luo, X., Pan, X., Huang, J., Zhong, X., Song, S., Li, H., Liu, Y., & Chen, K. (2021). Probabilistic Risk Assessment of Dietary Exposure to Chloramphenicol in Guangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(16): 8805. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168805>
- Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. 2019. Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*. 4(2): 175. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v4i2.6119>
- Xie, Y., Hu, Q., Zhao, M., Cheng, Y., Guo, Y., Qian, H., & Yao, W. 2018. Simultaneous Determination of Erythromycin, Tetracycline, and Chloramphenicol Residue in Raw Milk by Molecularly Imprinted Polymer Mixed with Solid-Phase Extraction. *Food Analytical Methods*. 11(2): 374–381. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1008-x>
- Zhang, S., Li, S., Lei, M., & Han, Z. 2018. Online Enrichment Combined with High Performance Liquid Chromatography for Quantitation of Trace-level Chloramphenicol in Milk. *Food Science and Technology Research*. 24(6): 963–969. <https://doi.org/10.3136/fstr.24.963>