

LITERATUR REVIEW: PERKEMBANGAN SINTESIS DAN APLIKASI MOLECULARLY
IMPRINTED POLYMER UNTUK ANALISIS OBAT
DALAM MATRIKS KOMPLEKS

Arryza Azriel Pratama¹, Saeful Amin²

Universitas Bakti Tunas Husada Tasikmalaya, Jawa Barat^{1,2}

arryzapratama@gmail.com¹, saefulamin@universitas-bth.ac.id²

Received: 17-05-2025

Revised: 25-05-2025

Approved: 07-06-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perkembangan sintesis dan aplikasi Molecularly Imprinted Polymer (MIP) dalam analisis senyawa obat, khususnya pada matriks kompleks seperti serum, urin, dan bahan pangan. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literature review dengan pendekatan deskriptif-kualitatif, yang dilakukan melalui pencarian dan analisis sistematis terhadap artikel ilmiah dari berbagai basis data bereputasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi parameter sintesis—seperti jenis monomer fungsional, metode polimerisasi (bulk atau presipitasi), serta jenis porogen—secara signifikan memengaruhi selektivitas dan efisiensi MIP. Metode presipitasi menghasilkan partikel MIP yang lebih seragam dan memiliki kapasitas adsorpsi lebih tinggi dibandingkan metode bulk. Karakterisasi menggunakan FTIR, SEM, dan UV-Vis turut memastikan keberhasilan sintesis rongga molekul yang spesifik terhadap senyawa target. Simpulan dari kajian ini menyatakan bahwa MIP memiliki potensi besar sebagai material selektif dalam sistem analitik modern, meskipun kinerjanya pada matriks nyata masih menghadapi tantangan yang perlu diatasi melalui pengembangan lanjutan.

Kata Kunci : Analisis Obat, Matriks Kompleks, Sintesis Polimer, Selektivitas Analitik

PENDAHULUAN

Analisis kuantitatif dan kualitatif terhadap obat dalam berbagai jenis matriks, seperti serum, urin, maupun bahan pangan, merupakan bagian penting dalam pengembangan obat, kontrol mutu, dan pengawasan keamanan produk. Matriks tersebut sering kali mengandung senyawa-senyawa pengganggu seperti protein, garam, enzim, dan senyawa organik lainnya yang dapat mempersulit proses analisis, terutama ketika senyawa target berada dalam konsentrasi rendah. Keberadaan interferen ini dapat menurunkan akurasi, presisi, dan selektivitas metode analisis, sehingga diperlukan sistem preparasi sampel atau teknik pemisahan yang mampu meningkatkan kinerja analisis secara signifikan (Hollender *et al.*, 2023). Metode analisis yang lazim digunakan dalam analisis obat, seperti kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), kromatografi gas (GC), atau spektroskopi UV-Vis dan fluoresensi, pada umumnya memerlukan tahapan preparasi sampel yang kompleks. Langkah-langkah seperti ekstraksi cair-cair (LLE), ekstraksi fase padat (SPE), atau derivatisasi sering kali tidak hanya menambah waktu analisis, tetapi juga meningkatkan konsumsi pelarut dan risiko degradasi analit. Tantangan ini mendorong perlunya pendekatan baru dalam tahap pra-analitik yang mampu meningkatkan efisiensi dan selektivitas sekaligus ramah lingkungan (Nayak *et al.*, 2024).

Upaya untuk meningkatkan kualitas preparasi dan selektivitas dalam proses analisis terus berkembang melalui pemanfaatan teknologi berbasis material fungsional. Salah satu pendekatan alternatif yang dinilai potensial untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penggunaan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP), yaitu material polimer sintetik yang memiliki kemampuan mengenali molekul target secara selektif melalui proses pencetakan molekul selama polimerisasi (Bow *et al.*, 2021). MIP dirancang agar memiliki kecocokan ukuran, bentuk, dan afinitas kimiawi terhadap molekul target, sehingga berfungsi sebagai sorben selektif yang efektif dalam aplikasi

ekstraksi fase padat (SPE), sensor kimia, dan sistem pemurnian analit (Saqila *et al.*, 2020). Sejumlah penelitian telah mengembangkan MIP untuk berbagai senyawa target, mulai dari obat-obatan seperti kloramfenikol, atenolol, dan tetrasiklin, hingga zat aditif berbahaya seperti DEHP dan dimethylamylamine (DMAA) yang sering disalahgunakan sebagai doping. Desain sintesis MIP sangat dipengaruhi oleh parameter kritis seperti jenis monomer fungsional, metode polimerisasi, jenis porogen, serta kondisi sintesis seperti suhu, pH, dan waktu. Metode karakterisasi seperti *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan pencetakan molekul, struktur permukaan, dan efisiensi adsorpsi (Amin *et al.*, 2025).

Perkembangan terbaru dalam sintesis MIP juga melibatkan pendekatan komputasional, seperti simulasi menggunakan Gaussian atau HyperChem, untuk memprediksi stabilitas kompleks antara template dan monomer sebelum sintesis dilakukan. Strategi ini dinilai mampu mempercepat optimasi formulasi sintesis sekaligus mengurangi kebutuhan eksperimen trial-and-error yang memakan waktu dan sumber daya (Amin *et al.*, 2020). Penerapan MIP dalam matriks biologis yang kompleks menunjukkan hasil yang potensial, namun masih menghadapi sejumlah kendala, terutama terkait efektivitas pengikatan ulang di lingkungan yang dinamis. Selain itu, belum adanya standar parameter sintesis yang seragam menyebabkan pengembangan MIP memerlukan pendekatan khusus yang disesuaikan dengan karakteristik senyawa target. Beberapa penelitian telah mencoba mengatasi keterbatasan ini melalui modifikasi struktur MIP, seperti penggunaan nanomaterial, polimer berbasis silika, serta penerapan teknik polimerisasi yang lebih ramah lingkungan (Fresco-Cala *et al.*, 2020; Gagliani *et al.*, 2024).

Berdasarkan hal tersebut, kajian ini difokuskan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai perkembangan sintesis dan aplikasi MIP dalam analisis obat, dengan penekanan pada efektivitasnya dalam matriks kompleks. Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi parameter sintesis, seperti jenis monomer, porogen, dan metode polimerisasi, terhadap efisiensi, selektivitas, dan kestabilan MIP. Dengan demikian, kajian ini diharapkan dapat memberikan dasar teoritis dan praktis yang kuat bagi pengembangan metode analisis berbasis MIP yang lebih optimal dan aplikatif, khususnya dalam bidang farmasi, biomedis, dan pengawasan mutu obat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi *literature review* yang bersifat deskriptif-kualitatif, bertujuan untuk mengkaji perkembangan sintesis dan aplikasi *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) dalam analisis obat, khususnya pada matriks kompleks seperti serum, urin, dan bahan pangan. Kajian dilakukan dengan mengumpulkan dan mengevaluasi data sekunder dari artikel-artikel ilmiah yang relevan. Seluruh data diperoleh melalui pencarian sistematis dari beberapa basis data elektronik bereputasi seperti ScienceDirect, SpringerLink, Scopus, PubMed, Google Scholar, serta Portal Garuda. Pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci seperti "*Molecularly Imprinted Polymer*", "*drug analysis*", "*bulk polymerization*", "*precipitation polymerization*", "*solid phase extraction*", dan "*complex matrix*".

Kriteria inklusi dalam studi ini meliputi artikel berbahasa Indonesia atau Inggris, memiliki akses penuh, serta memuat informasi terkait metode sintesis, karakterisasi, atau aplikasi *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) dalam analisis senyawa obat. Artikel yang tidak melewati proses peer-review, memiliki data yang tidak lengkap, atau tidak

relevan dengan fokus kajian ini dikeluarkan dari analisis. Setiap artikel yang terpilih dianalisis secara tematik dengan mengidentifikasi pola-pola penting seperti jenis monomer fungsional yang digunakan, jenis crosslinker, pelarut porogen, serta metode sintesis yang digunakan (*bulk* atau presipitasi). Selain itu, teknik karakterisasi seperti *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan spektrofotometri UV-Vis juga dianalisis untuk mengevaluasi keberhasilan sintesis dan efektivitas MIP. Penelitian ini didasarkan pada teori interaksi host-guest dan konsep pengenalan molekul selektif sebagaimana dijelaskan dalam teori “lock and key” oleh Fischer. Keberhasilan *Molecularly Imprinted Polymers* (MIP) dalam meningkatkan selektivitas dan sensitivitas analisis sangat dipengaruhi oleh desain rongga molekulernya yang meniru bentuk, ukuran, dan sifat kimia target analit (Fransiska & Sianita, 2021). Oleh karena itu, kajian ini berfokus pada analisis parameter sintesis dan kondisi lingkungan untuk memahami secara komprehensif potensi serta batasan MIP dalam aplikasi analisis modern.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Evaluasi sistematis terhadap berbagai penelitian yang telah dilakukan selama beberapa tahun terakhir memberikan gambaran menyeluruh mengenai bagaimana parameter sintesis dan karakteristik struktural *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) memengaruhi kinerjanya dalam aplikasi analisis obat. Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih terstruktur mengenai tren ilmiah ini, dilakukan ekstraksi informasi dari sejumlah jurnal nasional dan internasional yang membahas berbagai pendekatan dalam sintesis MIP, baik dari segi desain kimia, metode sintesis, maupun evaluasi karakterisasi dan kinerja adsorpsi. Setiap penelitian yang dikaji memiliki pendekatan yang berbeda dalam menentukan kombinasi variabel sintesis, seperti pemilihan monomer fungsional, jenis pelarut porogen, dan metode polimerisasi yang digunakan yang secara langsung berdampak pada efisiensi dan selektivitas hasil cetakan molekul target.

Berbagai penelitian menunjukkan keberhasilan MIP dalam meningkatkan selektivitas dan efisiensi analisis senyawa obat, terutama pada matriks kompleks seperti serum, urin, dan bahan pangan. Pada penelitiannya, Amin *et al.*, (2018a) menyintesis MIP berbasis metakrilat untuk deteksi dimethylamylamine (DMAA) sebagai senyawa doping, dan menemukan bahwa MIP yang dihasilkan memiliki afinitas ikatan yang tinggi dibandingkan *non-imprinted polymer* (NIP). Studi lanjutan oleh Amin *et al.*, (2018b) membuktikan bahwa pemilihan jenis monomer seperti asam metakrilat berperan penting dalam menciptakan ikatan spesifik antara molekul target dan matriks polimer. Penggunaan propanol sebagai pelarut porogen memengaruhi struktur morfologi dan performa MIP dalam pengenalan atenolol dalam serum manusia, seperti yang ditunjukkan oleh Suherman *et al.*, (2019). Pada penelitian yang dilakukan oleh Chrisnandari *et al.*, (2018) menyintesis MIP untuk kloramfenikol menggunakan metode polimerisasi fasa ruah, yang menghasilkan peningkatan luas permukaan serta kapasitas adsorpsi yang signifikan. Atqa & Sianita (2021) menguji pengaruh variasi konsentrasi kloramfenikol terhadap kemampuan adsorpsi MIP dan berhasil memperoleh imprinting faktor yang tinggi, yang mengindikasikan efisiensi pencetakan molekul yang baik.

Perbandingan antara metode sintesis fasa ruah dan presipitasi untuk analisis tetrasiklin menunjukkan bahwa metode presipitasi menghasilkan MIP dengan struktur partikel yang lebih seragam dan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi, sebagaimana ditemukan oleh Suryana *et al.*, (2024). Performa MIP yang diuji dalam larutan standar tidak selalu konsisten ketika diterapkan pada matriks biologis yang sebenarnya, seperti

yang dilakukan pada penelitian Suherman *et al.*, (2019). Ketidakkonsistenan ini menunjukkan tantangan utama dalam aplikasi MIP, yaitu mempertahankan selektivitas dan efisiensinya pada kondisi matriks yang kompleks dan beragam.

Beberapa studi menyoroti pentingnya metode karakterisasi seperti *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk memastikan keberhasilan sintesis dan struktur rongga pengenalan dalam MIP (Fauziah *et al.*, 2021). Pendekatan komputasi seperti penggunaan perangkat lunak Gaussian dan HyperChem untuk prediksi interaksi monomer-template juga telah dimanfaatkan untuk memperkuat desain sintesis polimer (Hong *et al.*, 2024; Suryana *et al.*, 2024). Efektivitas MIP telah terbukti dalam berbagai studi, meskipun terdapat sejumlah kesenjangan yang masih perlu dikaji lebih lanjut. Salah satunya adalah ketidakkonsistenan kinerja MIP pada sampel nyata dibandingkan dengan larutan uji, serta belum optimalnya pemilihan parameter sintesis yang sesuai untuk setiap jenis senyawa target dan matriks. Integrasi MIP dalam sistem analitik modern seperti sensor miniatur, perangkat lab-on-a-chip, atau sistem deteksi berbasis digital masih terbatas (Kulsum *et al.*, 2022).

Aspek karakterisasi MIP menunjukkan keragaman pendekatan, mulai dari teknik spektroskopi dan mikroskopi hingga simulasi komputasional yang bertujuan memprediksi kekuatan interaksi awal antara molekul template dan monomer (Hong *et al.*, 2024). Studi-studi tersebut menargetkan berbagai senyawa analit yang memiliki kepentingan tinggi dalam bidang farmasi, doping analysis, maupun pengawasan residu antibiotik dalam pangan. Penyajian data dalam bentuk tabel berikut ini bertujuan untuk merangkum dan mengkategorikan parameter utama dari setiap penelitian, sehingga dapat dilakukan analisis perbandingan secara kritis terhadap performa masing-masing MIP yang telah dikembangkan. Melalui pendekatan ini, dapat diamati bagaimana variasi metode dan bahan sintesis menghasilkan MIP dengan kemampuan pengenalan molekuler yang berbeda-beda, sekaligus menggambarkan arah perkembangan teknologi MIP dalam konteks analisis kimia modern.

Tabel 1.
Sintesis dan Aplikasi MIP dalam Analisis Obat

Senyawa Target	Metode Sintesis	Monomer Fungsional	Porogen	Metode Karakterisasi	Hasil Utama	Peneliti
Dimethylamylamine	<i>Bulk</i>	Methacrylic Acid (MAA)	Kloroform	FTIR, SEM, UV-Vis	IF tinggi, efisiensi adsorpsi baik, selektivitas terhadap DMAA	Amin <i>et al.</i> , 2018a
Dimethylamylamine	<i>Bulk</i>	Methacrylic Acid (MAA)	Kloroform	SEM, HPLC	Adsorpsi selektif dengan pemisahan cepat via SPE-HPLC	Amin <i>et al.</i> , 2018b
Chloramphenicol	<i>Bulk</i>	Methacrylic Acid (MAA)	Metanol	FTIR, SEM	Struktur pori terbentuk baik, MIP lebih selektif dari NIP	Chrisnandari <i>et al.</i> , 2018
DEHP	Presipitasi	Methacrylic Acid (MAA)	Toluena	FTIR, SEM, Surface Area Analyzer	MIP memiliki luas permukaan tinggi, IF > 2, stabilitas baik	Fauziah <i>et al.</i> , 2021
Atenolol	<i>Bulk</i>	Akrilamida	Propanol	SEM, UV-Vis	Efektif untuk ekstraksi dari serum manusia	Suherman <i>et al.</i> , 2019

Senyawa Target	Metode Sintesis	Monomer Fungsional	Porogen	Metode Karakterisasi	Hasil Utama	Peneliti
Chloramphenicol	Presipitasi	Akrilamida	Metanol	FTIR, Adsorpsi	IF 1,88; adsorpsi tinggi pada konsentrasi tertentu	Atqa & Sianita, 2021
Tetrasiklin	Presipitasi	Methacrylic Acid (MAA)	Metanol	FTIR, SEM	Presipitasi hasilkan partikel lebih seragam, selektivitas tinggi	Suryana <i>et al.</i> , 2024
Atenolol	Bulk	Methacrylic Acid (MAA)	Propanol	UV-Vis	MIP bekerja baik di larutan standar, kurang stabil di serum	Hasanah <i>et al.</i> , 2022

Berbagai penelitian mengenai *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) yang dikaji dari berbagai jurnal menunjukkan bahwa material ini merupakan solusi yang efektif dan selektif dalam proses analisis obat, terutama dalam matriks kompleks seperti serum, urin, atau produk pangan. Kinerja tinggi dari MIP ditentukan oleh sejumlah parameter penting dalam proses sintesis, antara lain metode polimerisasi, jenis monomer fungsional, pemilihan porogen, serta pendekatan karakterisasi yang digunakan. Metode sintesis memainkan peran penting dalam membentuk struktur fisik dan kimia MIP. Berdasarkan data, metode *bulk* adalah teknik yang paling sering digunakan, seperti dalam penelitian oleh Amin *et al.*, (2018a; 2018b), Chrisnandari *et al.*, (2018), dan Amin *et al.*, (2020). Metode ini relatif sederhana dan mudah diterapkan, namun menghasilkan partikel dengan ukuran besar dan distribusi morfologi yang kurang seragam. Metode presipitasi mulai banyak digunakan karena mampu menghasilkan partikel yang lebih seragam dan berukuran kecil, seperti ditunjukkan oleh Fauziah *et al.*, (2021) dalam sintesis MIP untuk DEHP dan oleh (Suryana *et al.*, 2024) untuk senyawa tetrasiklin. Presipitasi menghasilkan polimer dengan luas permukaan lebih besar yang berkontribusi langsung pada peningkatan kapasitas adsorpsi dan efisiensi re-binding.

Monomer fungsional seperti methacrylic acid (MAA) merupakan pilihan dominan karena kemampuannya membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan berbagai senyawa target. MAA bersifat fleksibel dan mampu berinteraksi dengan gugus fungsional polar seperti hidroksil, amina, dan karbonil. Penelitian oleh (Amin *et al.*, 2018a) bahkan menggunakan simulasi Gaussian untuk menunjukkan stabilitas interaksi MAA dengan senyawa kloramfenikol sebelum sintesis dilakukan. Hasilnya menunjukkan bahwa pasangan MAA–chloramphenicol memiliki energi interaksi yang rendah, yang berarti kompleks tersebut stabil dan ideal untuk pencetakan molekul. Selain MAA, akrilamida juga digunakan sebagai monomer alternatif, terutama untuk senyawa target dengan karakteristik polar seperti atenolol dan tetrasiklin, seperti ditunjukkan oleh Suherman *et al.*, (2019) dan Atqa & Sianita (2021).

Porogen atau pelarut polimerisasi memiliki peran kunci dalam membentuk morfologi MIP, karena memengaruhi ukuran pori, distribusi partikel, dan kekompakan struktur polimer. Kloroform dan metanol merupakan porogen yang sering digunakan, seperti dalam penelitian oleh Amin *et al.*, (2018a) dan Chrisnandari *et al.*, (2018) Kloroform bersifat non-polar dan mampu melarutkan monomer serta mendukung pembentukan interaksi non-kovalen selama sintesis. Porogen lain seperti propanol dan

toluena digunakan untuk mencocokkan polaritas sistem dengan molekul target tertentu, seperti DEHP atau atenolol, sebagaimana dilaporkan oleh Fauziah et al., (2021) dan (Hasanah et al., 2022). Karakterisasi MIP bertujuan untuk memastikan bahwa proses pencetakan molekul berhasil dan rongga pengenalan terbentuk dengan baik. FTIR digunakan untuk mendeteksi pita serapan bilangan gelombang yang menentukan keberadaan gugus fungsional, mengindikasikan terbentuknya interaksi antara monomer dan template. SEM memberikan gambaran morfologi dan struktur permukaan polimer, sedangkan UV-Vis digunakan untuk mengevaluasi kemampuan adsorpsi dan menentukan konsentrasi analit yang terikat. Beberapa penelitian juga menggabungkan teknik ini dengan uji *batch rebinding*, pengaruh pH, dan suhu untuk menguji kestabilan dan kapasitas binding MIP secara lebih menyeluruh.

Hasil utama yang dilaporkan dalam semua penelitian menunjukkan bahwa MIP secara konsisten memberikan performa lebih baik dibandingkan *non-imprinted polymer* (NIP). Hal ini tercermin dari nilai *imprinting factor* (IF) yang umumnya berada di atas 1,5, bahkan mencapai >2 dalam beberapa studi seperti Fauziah et al., (2021) dan Amin et al., (2018b). Nilai IF ini menunjukkan bahwa MIP memiliki afinitas tinggi terhadap molekul target yang tidak ditemukan pada polimer biasa. Selain itu, efisiensi adsorpsi pada beberapa MIP mencapai lebih dari 90%, terutama pada polimer hasil sintesis metode presipitasi. Analisis terhadap matriks kompleks menjadi tantangan tersendiri. Beberapa penelitian yang menguji MIP dalam serum manusia oleh Hasanah et al., (2022) dan Suherman et al., (2019) melaporkan bahwa performa MIP dapat menurun akibat gangguan dari protein, ion, dan senyawa biologis lain.

Namun demikian, struktur MIP yang stabil tetap mampu mempertahankan selektivitas lebih tinggi dibanding metode konvensional, dan dapat digunakan berulang kali dengan performa yang relatif konstan. Penelitian yang telah dikaji menunjukkan bahwa pemilihan parameter sintesis yang tepat memungkinkan MIP bekerja secara optimal dalam berbagai aplikasi analitik. Keunggulan utama MIP terletak pada kestabilan fisik, ketahanan terhadap kondisi lingkungan, dan kemampuannya mengenali senyawa target dalam konsentrasi rendah. Dengan mengintegrasikan MIP ke dalam teknik analisis seperti solid phase extraction (SPE), kromatografi, dan sensor elektrokimia, efektivitas sistem analitik dapat ditingkatkan secara signifikan. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada penggunaan material pendukung seperti nanopartikel magnetik atau grafena, serta otomatisasi sistem deteksi berbasis MIP dalam perangkat portabel atau sistem *lab-on-chip*.

KESIMPULAN

Molecularly Imprinted Polymer (MIP) merupakan teknologi yang efektif dan selektif untuk analisis obat, terutama dalam matriks kompleks seperti serum, urin, dan produk pangan. Variasi parameter sintesis, seperti jenis monomer fungsional, metode polimerisasi, dan jenis porogen, terbukti memengaruhi efisiensi adsorpsi dan kemampuan pengenalan molekul target. Metode presipitasi menghasilkan MIP dengan struktur partikel yang lebih seragam dan performa adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan metode *bulk*. Efektivitas MIP dalam kondisi sampel nyata tetap dipengaruhi oleh kompleksitas matriks, sehingga pengembangan lanjutan diperlukan untuk meningkatkan stabilitas dan keandalan aplikasi analitik berbasis MIP.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, S., Aulia, N., Sudrajat, R., Amelya, R., & Zahra, N. (2025). Aplikasi *Cocrystallization* dan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) dalam Kimia Medisinal: Optimalisasi

- Bioavailabilitas dan Selektivitas Obat-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0). In *Indonesian Research Journal on Education Web Jurnal Indonesian Research Journal on Education* (Vol. 5).
- Amin, S., Damayanti, S., & Ibrahim, S. (2018a). Interaction Study, Synthesis and Characterization of Molecular Imprinted Polymer Using Functional Monomer Methacrylate Acid and Dimethylamylamine as Template Molecule Studi Interaksi, Sintesis dan Karakterisasi Molecular Imprinted Polymer Menggunakan Monomer Fungsional Asam Metakrilat dan Dimetilamilamin sebagai Molekul Template. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 16(1), 12–19.
- Amin, S., Damayanti, S., & Ibrahim, S. (2018b). Synthesis and Characterization Molecularly Imprinted Polymers for Analysis of Dimethylamylamine Using Acrylamide as Monomer Functional. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 76–84. <https://doi.org/10.22435/jki.v8i2.330>
- Amin, S., Damayanti, S., & Ibrahim, S. (2018c). Synthesis and characterization of molecularly imprinted polymer with dimethylamylamine as template. *Asian Journal of Chemistry*, 30(12), 2749–2753. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2018.21588>
- Amin, S., Zahra, S. A., & Soni, D. (2020). Synthesis and Characterization of Molecularly Imprinted Polymer Caffeine Using Acrylamide as Monomer. *Atlantis Press*.
- Atqa, A. R., & Sianita, M. M. (2021). Effect of Chloramphenicol Concentration on Molecularly Imprinted Polymer Adsorption Using Presipitation Method. In *UNESA Journal of Chemistry* (Vol. 10, Issue 3).
- Bow, Y., Syakdani, A., Purnamasari, I., & Rusdianasari, R. (2021). Uji Kinerja Sensor Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Simazin secara Potensiometri. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 5(2), 145–154. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i2.221>
- Chrisnandari, R. D., Kimia, B. I., & Surabaya, A. F. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Molecularly Imprinted Polymer Untuk Kloramfenikol Menggunakan Polimerisasi Fasa Ruah. *Journal of Pharmacy and Science*, 3(1).
- Fauziah, S., Gafur, A. M. M., Soekamto, N. H., Taba, P., & Sapar, A. (2021). Synthesis and characterization of molecularly imprinted polymers of di-(2-Ethylhexyl) phthalate using the precipitation polymerization method. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(5), 2385–2392. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.44820.2912>
- Fransiska, A., & Sianita, M. M. (2021). Pengaruh Suhu pada Sintesis Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Terhadap Kemampuan Adsorpsi Kloramfenikol. In *UNESA Journal of Chemistry* (Vol. 10, Issue 3).
- Fresco-Cala, B., Batista, A. D., & Cárdenas, S. (2020). Molecularly imprinted polymer micro- and nano-particles: a review. In *Molecules* (Vol. 25, Issue 20). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules25204740>
- Gagliani, F., Di Giulio, T., Grecchi, S., Benincori, T., Arnaboldi, S., Malitesta, C., & Mazzotta, E. (2024). Green Synthesis of a Molecularly Imprinted Polymer Based on a Novel Thiophene-Derivative for Electrochemical Sensing. *Molecules*, 29(7). <https://doi.org/10.3390/molecules29071632>
- Hasanah, A. N., Susanti, I., & Mutakin, M. (2022). An Update on the Use of Molecularly Imprinted Polymers in Beta-Blocker Drug Analysis as a Selective Separation Method in Biological and Environmental Analysis. In *Molecules* (Vol. 27, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules27092880>
- Hollender, J., Schymanski, E. L., Ahrens, L., Alygizakis, N., Béén, F., Bijlsma, L., Brunner, A. M., Celma, A., Fildier, A., Fu, Q., Gago-Ferrero, P., Gil-Solsona, R., Haglund, P., Hansen, M., Kaserzon, S., Kruve, A., Lamoree, M., Margoum, C., Meijer, J., ... Krauss, M. (2023).

- NORMAN guidance on suspect and non-target screening in environmental monitoring. In *Environmental Sciences Europe* (Vol. 35, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00779-4>
- Hong, D., Wang, C., Gao, L., & Nie, C. (2024). Fundamentals, Synthetic Strategies and Applications of Non-Covalently Imprinted Polymers. In *Molecules* (Vol. 29, Issue 15). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/molecules29153555>
- Kulsum, I. N. S., Suryana, S., & Soni, D. (2022). Review: Molecularly Imprinted Polymer Solid Phase Extraction (MIP-SPE) untuk Pengujian Glibenklamid dalam Cairan Biologis. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 4(2), 205–213. <https://doi.org/10.25026/jsk.v4i2.749>
- Nayak, N., Bhujle, R. R., Nanje-Gowda, N. A., Chakraborty, S., Siliveru, K., Subbiah, J., & Brennan, C. (2024). Advances in the novel and green-assisted techniques for extraction of bioactive compounds from millets: A comprehensive review. In *Heliyon* (Vol. 10, Issue 10). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30921>
- Saqila, P., Ramadhan, A., & Amalia, R. (2020). Review: Molecularly Imprinted-Solid Phase Extraction (Mi-Spe) dalam Analisis Kontaminan Pangan. *Jurnal Farmaka* (Volume 17 Nomor 2)
- Suherman, M., Susanti, I., Rahayu, D., Pratiwi, R., & Hasanah, A. N. (2019). Performance Evaluation of Molecularly Imprinted Polymer using Propanol as Porogen for Atenolol Recognition in Human Serum. In *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology Journal Homepage* (Issue 1). <http://jurnal.unpad.ac.id/ijpst/UNPAD>
- Suryana, S., Devy Shabrina, K., & Soni, D. (2024). Synthesis of Tetracycline Imprinted Polymers With Methacrylic Acid As Functional Monomer In Methanol-Chloroform Mixture Using Bulk And Precipitation Polymerization Method. *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 14–24. www.journal.uniga.ac.id