MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

**Terindeks**: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v6i2.9370

# PENGARUH PERBANDINGAN MAA DAN EGDMA TERHADAP KAPASITAS ADSORPSI IIPs-Pb(II)

# Effect of the Comparison of MAA and EGDMA on the Adsorption Capacity of IIPs-Pb(II)

**Ananta Nazira Meliano & Alizar Ulianas**
Universitas Negeri Padang
anantanazirameliano2@gmail.com; alizarulianas@fmipa.unp.ac.id

**Article Info:**

| Submitted: | Revised: | Accepted: | Published: |
|---|---|---|---|
| Feb 10, 2026 | Mar 10, 2026 | Mar 22, 2026 | Mar 27, 2026 |

## Abstract

The successful synthesis of Ion Imprinted Polymers (IIPs) is strongly determined by the selection and ratio of the functional monomer and crosslinker because these two components directly affect the resulting adsorption capacity. An inappropriate composition, whether too low or too high, can reduce adsorption performance, because a low amount tends to produce a less stable polymer structure, whereas an excessive amount can increase nonspecific interactions and form an overly dense polymer structure. This study aims to determine the optimum ratio between the functional monomer and crosslinker in the synthesis of IIPs-Pb(II). The synthesis was carried out through the photopolymerization method by varying the amounts of MAA and EGDMA, then evaluating their performance based on the adsorption capacity toward Pb(II) metal ions. The concentration of adsorbed Pb(II) metal ions was analyzed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The results showed that the optimum ratio of MAA and EGDMA was 0.01 mol : 0.015 mol, with adsorption capacities of 0.79 mg/g and 0.43 mg/g, respectively. This optimum ratio was subsequently used to produce IIPs-Pb(II) that were effective in adsorbing Pb(II) metal ions. These findings contribute


Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

to clarifying the relationship between the composition of the functional monomer and crosslinker and the characteristics of the resulting polymer. Thus, IIPs-Pb(II) have the potential to be applied in the process of selectively detecting and removing Pb(II) metal ions, especially on an industrial scale.

**Keywords:** Ion Imprinted Polymers; Pb(II); Functional Monomer; Crosslinker; Photopolymerization

**Abstrak:** Keberhasilan sintesis *Ion Imprinted Polymers* (*IIPs*) sangat ditentukan oleh pemilihan serta perbandingan monomer fungsional dan pengikat silang karena kedua komponen tersebut secara langsung memengaruhi kapasitas adsorpsi yang dihasilkan. Komposisi yang tidak tepat, baik terlalu rendah maupun terlalu tinggi, dapat menurunkan kinerja adsorpsi, karena jumlah yang rendah cenderung menghasilkan struktur polimer yang kurang stabil, sedangkan jumlah yang berlebih dapat meningkatkan interaksi nonspesifik serta membentuk struktur polimer yang terlalu padat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbandingan optimum antara monomer fungsional dan pengikat silang dalam sintesis *IIPs*-Pb(II). Sintesis dilakukan melalui metode fotopolimerisasi dengan memvariasikan jumlah MAA dan EGDMA, kemudian mengevaluasi kinerjanya berdasarkan kapasitas adsorpsi terhadap ion logam Pb(II). Konsentrasi ion logam Pb(II) yang teradsorpsi dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (*AAS*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan optimum MAA dan EGDMA adalah 0,01 mol : 0,015 mol, dengan kapasitas adsorpsi masing-masing sebesar 0,79 mg/g dan 0,43 mg/g. Perbandingan optimum tersebut selanjutnya digunakan untuk menghasilkan *IIPs*-Pb(II) yang efektif dalam mengadsorpsi ion logam Pb(II). Temuan ini berkontribusi dalam memperjelas hubungan antara komposisi monomer fungsional dan pengikat silang terhadap karakteristik polimer yang terbentuk. Dengan demikian, *IIPs*-Pb(II) berpotensi diaplikasikan dalam proses deteksi dan penghilangan ion logam Pb(II) secara selektif, terutama pada skala industri.

**Kata Kunci**: *Ion Imprinted Polymers*; Pb(II); Monomer Fungsional; Pengikat Silang; Fotopolimerisasi

## PENDAHULUAN

*Ion Imprinted Polimers* (IIPs) adalah polimer yang dirancang untuk mengenali ion tertentu, IIPs mirip dengan teknologi pemograman molekular. Proses pembentukan IIPs melibatkan penggunaan ion sebagai "template" untuk menciptakan templat pengenalan yang sesuai dalam struktur polimer (Lazar et al., 2023). IIPs disintesis melalui proses polimerisasi yang melibatkan monomer fungsional dan agen pengikat silang dengan ion logam target (Tarley et al., 2015). Template adalah Ion target yang digunakan sebagai cetakan atau pola dalam proses pembentukan polimer, sehingga terbentuk situs pengikatan yang spesifik terhadap ion tersebut (Haupt et al., 2012). Monomer fungsional adalah jenis monomer yang mengandung gugus fungsi tertentu yang dapat berinteraksi secara spesifik dengan molekul template (Dongfeng et al., 2024). Agen pengikat silang (Cros-linker) berfungsi untuk memperkuat struktur material, meningkatkan stabilitasnya, serta mempengaruhi morfologi

dan porositas melalui rasio monomer fungsional terhadap pengikat silang. Inisiator berguna untuk mengaktivasi polimerisasi radikal bebas dalam monomer (Kusumkar et al., 2021). Ketepatan dalam memilih monomer fungsional dan pengikat silang berperan penting dalam menentukan kualitas polimer (Kang et al., 2023). Pemilihan Monomer fungsional dan agen pengikat silang yang tepat sangat penting untuk menciptakan rongga yang spesifik yang di rancang untuk templat yang spesifik terhadap ion tertentu (Vasapollo et al., 2011). Berbagai metode sudah dilakukan untuk mensintesis *Ion imprinted Polimers* (IIPs) seperti metode, polimerisasi massal, polimerisasi presipitasi, polimerisasi sol-gel, polimerisasi suspensi, dan teknik pencetakan permukaan (Zhou et al., 2018). Sebelumnya telah dilakukan sintesis *Ion Imprinted Polimers* - Pb(II) dengan metode polimerisasi presipitasi (Ao & Guan, 2018). Namun metode tersebut memiliki kelemahan dimana menggunakan suhu yang tinggi sehingga dapat merusak monomernya dan dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi (Zhang et al., 2022). Metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kerusakan pada sisi pengikat adsorben dalam beberapa komponennya adalah fotopolimerisasi. Metode ini memiliki beberapa keunggulan antara lain, proses yang cepat, kontrol yang baik, tidak memerlukan suhu tinggi, serta menggunakan pelarut yang ramah lingkungan (Ribas-massonis et al., 2022). Metode ini juga berhasil digunakan untuk mensintesis *Moleculary Imprinted Polimers* (MIPs) sebagai bahan penyerap *Metylen blue* dengan kapasitas adsorpsi yang tinggi dan stabilitas yang baik (Alizar et al., 2025). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbandingan optimal antara monomer fungsional dan pengikat silang dalam sintesis IIPs-Pb(II) melalui metode fotopolimerisasi.

## METODE

Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memfokuskan pada optimasi perbandingan monomer fungsional (MAA) dan pengikat silang (EGDMA) dalam sintesis IIPs-Pb(II), dimana efektivitas material yang dihasilkan ditentukan melalui evaluasi kapasitas adsorpsinya terhadap ion logam Pb(II). Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Februari 2026 di Laboratorium Kimia, Universitas Negeri Padang dan Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah X Padang. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Methacrylic Acid* (MAA) sebagai monomer fungsional, *Ethylene Glycol Dimethylacrylate* (EGDMA), *2-2-dimethoxy-2-phenylacetophenone* (DMPP), Asam nitrat ($HNO_3$) sebagai pelarut dan aquades. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu botol vial, cawan petri, mikropipet,

gelas kimia, labu ukur, corong, kertas saring, pipet volume, sonikator, fotopolimerisator, timbangan analitik, gas nitrogen, dan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

**Cara kerja**

Timbal (II) nitrat Pb $(NO_3)_2$ ditimbang sebanyak 0,005 gram lalu dimasukkan ke dalam botol vial. Kemudian, masukkan ke dalam botol vial yang sudah berisi *Methacrylic acid* (MAA), *Ethylene glycol dimethylacrylate* (EGDMA) sebanyak jumlah optimum, dan *2-2-dimethoxy-2-phenylacetophenone* (DMPP) sebanyak 0,03 gram. Setelah itu, sonikasi selama 15 menit. Setelah semua bahan homogen, campuran dituangkan ke dalam cawan petri, lalu dimasukan ke dalam alat fotopolimerisasi dan dilakukan proses polimerisasi dengan sinar UV dan dialiri gas nitrogen hingga menghasilkan polimer berwarna putih. fotopolimerisasi terdiri dari tiga tahap utama yaitu pertama tahap inisiasi dimana pada proses ini inisiator terurai oleh cahaya menghasilkan radikal bebas, ke-dua yaitu tahap propagasi dimana pada tahap ini radikal bereaksi dengan monomer dan memperpanjang rantai polimer, tahap ke- tiga yaitu tahap terminasi dimana reaksi akan berhenti ketika radikal bebas sudah habis atau sudah berikatan sepenuhnya (Wang & Miller, 2021).

Pada penelitian ini, IIPs-Pb(II) disintesis dengan variasi rasio monomer fungsional dan pengikat silang. Penentuan komposisi optimum MAA dan EGDMA dilakukan melalui percobaan yang mengacu pada data yang disajikan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan MAA dan EGDMA yang digunakan pada penelitian

| No | MAA (mmol) | EDGMA (mmol) |
|---|---|---|
| 1 | 5 | 15 |
| 2 | 10 | 15 |
| 3 | 15 | 15 |
| 4 | 20 | 15 |
| 5 | 25 | 15 |
| 6 | optimum | 5 |
| 7 | optimum | 10 |
| 8 | optimum | 15 |
| 9 | optimum | 20 |
| 10 | optimum | 25 |

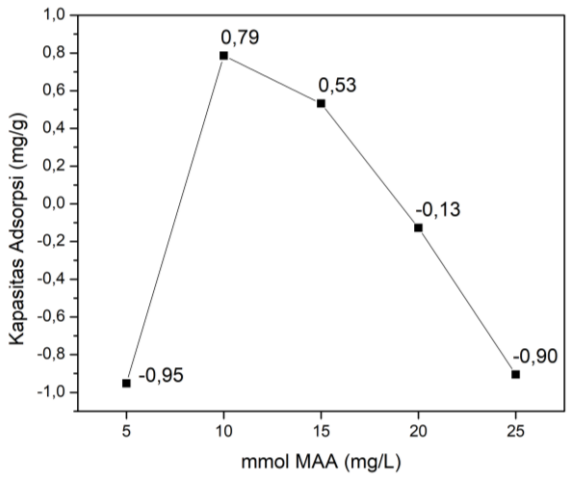
0,1 g IIPs-Pb(II**)** yang diperoleh dengan variasi perbandingan MAA dan EGDMA diekstraksi menggunakan 10 mL $HNO_3$ dengan konsentrasi 1M selama 60 menit untuk melepaskan ion templat dari struktur polimer. Selanjutnya IIPs dikontakkan dengan 10 mL $Pb(NO_3)_2$ dengan konsentrasi 40 ppm selama 60 menit. Setelah proses adsorpsi larutan dianalisis menggunakan ***Atomic Absorption Spectroscopy*** **(AAS) untuk menentukan konsentrasi akhir yang kemudian digunakan dalam perhitungan kapasitas adsorpsi (Febriani et al., 2022). Kapasitas** adsorpsi maksimum, dinyatakan dengan persamaan berikut (Nitsae et al., 2021).

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

Dimana, Q adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), C0 adalah konsentrasi awal larutan (mg/L), Ce adalah konsentrasi akhir larutan (mg/L),V adalah volume larutan , dan m adalah massa adsorben (g).

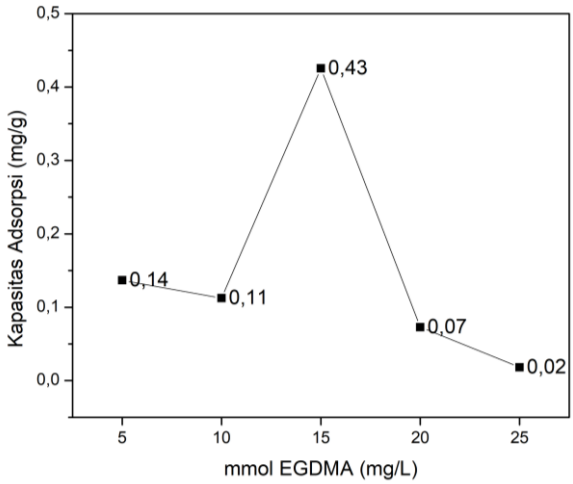
## HASIL

Pada penelitian ini dilakukan optimasi komposisi MAA dan EGDMA untuk menentukan perbandingan yang menghasilkan kapasitas adsorpsi tertinggi terhadap ion Pb (II). Variasi jumlah MAA dilakukan pada rentang 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; dan 0,025 mol, dengan jumlah EGDMA tetap sebesar 0,015 mol. Hasil menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi meningkat hingga mencapai nilai maksimum pada penggunaan MAA sebesar 0,01 mol, yaitu sebesar 0,79 mg/g. Data ditunjukan pada Gambar 1.




**Gambar 1**. Pengaruh jumlah MAA terhadap kapasitas adsorpsi ion Pb (II)

Selanjutnya variasi jumlah EGDMA dilakukan pada rentang 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; dan 0,025 mol dengan jumlah MAA optimum yaitu 0,01 mol. Hasil menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh pada penggunaan EGDMA sebesar 0,015 mol, yaitu 0,425 mg/g. Data ditunjukan pada Gambar 2.




**Gambar 2**. Pengaruh jumlah EGDMA terhadap kapasitas adsorpsi ion Pb (II)

## PEMBAHASAN

Monomer fungsional yang digunakan dalam sintesis IIPs harus memiliki stabilitas yang baik serta mengandung ikatan rangkap tak jenuh dan gugus fungsi aktif seperti -COOH, -CHO, -OH, -CONH-, -$NH_2$, dan -SH. Beberapa monomer yang umum digunakan adalah akrilamida, asam akrilat, hidroksi etil metakrilat, 4- vinilpiridina (Kong et al., 2017). Pada penelitian ini digunakan monomer fungsional untuk sintesis IIPs-Pb(II) adalah *Methacrylic acid* (MAA), karena kemampuannya membentuk interaksi kuat dengan molekul templat. MAA dapat berperan sebagai donor dan akseptor ikatan hidrogen, serta membentuk interaksi dipol-dipol dan gaya van der Waals (Nischayah et al., 2023). Sebagai pengikat silang digunakan Etilen glikol dimetilakrilat (EGDMA), yang merupakan agen bifungsional yang umum digunakan dalam sintesis IIPs. EGDMA dipilih karena mampu menghasilkan struktur polimer yang stabil secara termal dan mekanis, serta memiliki porositas yang baik) (El Ouardi et al., 2021; Cajamarca & Tarley, 2022).

Pada gambar 1 mengenai pengaruh jumlah MAA terhadap kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) didapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 0,79 mg/g di peroleh pada perbandingan MAA 0,01 mol. Namun, ketika jumlah MAA ditingkatkan hingga 0,015 mol terjadi penurunan kapasitas adsorpsi menjadi 0,53178 mg/g. Hal ini sesuai dengan teori yang

menyatakan bahwa interaksi antara monomer fungsional dan molekul templat memainkan peran krusial dalam pembentukan situs pengikatan yang spesifik. Pada jumlah monomer fungsional yang terlalu rendah, pembentukan kompleks monomer templat menjadi lemah dan kurang stabil setelah proses polimerisasi. Rasio yang rendah juga menyebabkan jumlah gugus aktif tidak mencukupi untuk menghasilkan rongga pengenalan yang stabil. Sebaliknya, pada rasio yang terlalu tinggi, kelebihan monomer dapat memicu distorsi struktur rongga serta meningkatkan terjadinya interaksi non spesifik. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pelepasan kembali ion Pb(II) ke dalam larutan, sehingga konsentrasi akhir menjadi lebih tinggi dibandingkan konsentrasi awal dan berdampak pada penurunan kapasitas adsorpsi terhadap ion target (Pratama et al., 2020).

Pada gambar 2 pengaruh jumlah EGDMA terhadap kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) didapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 0,425 mg/g pada perbandingan 0,015 mol. Interaksi antara monomer fungsional dan ion templat sangat menentukan pembentukan situs pengikatan yang selektif. Pada rasio monomer yang rendah, kompleks monomer templat terbentuk lemah dan kurang stbail setelah polimerisasi, sehingga gugus aktif tidak memadai untuk menghasilkan rongga spesifik yang stabil. Sebaliknya kelebihan monomer pada rasio tinggi dapat menyebabkan distorsi rongga serta meningkatkan interaksi non spesifik. Hal ini berpotensi memicu desorpsi kembali ion Pb(II) ke dalam larutan, sehingga konsentrasi akhir melebihi konsentrasi awal dan berdampak pada menurunnya kapasitas adsorpsi terhadap ion target (Mueller, 2021).

Salah satu keterbatasan penelitian ini adalah rasio monomer fungsional (MAA) dan pengikat silang (EGDMA) yang di peroleh masih terbatas pada sistem dengan templat ion logam Pb(II). Oleh sebab itu, diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengoptimalkan perbandingan monomer fungsional dan pengikat silang pada jenis molekul templat lainnya, terutama untuk aplikasi ion logam selain ion logam Pb(II).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai variasi jumlah MAA dan EGDMA diperoleh perbandingan optimum untuk sintesis IIPs yaitu 0,01 mol dan 0,15 mol EGDMA. Pada kondisi tersebut, kapasitas adsorpsi yang dihasilkan masing-masing adalah 0,79 mg/g untuk MAA dan 0,425 mg/g untuk variasi EGDMA.

Hasil ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan pemahaman mengenai pengaruh komposisi bahan terhadap karakteristik polimer yang terbentuk. Selain itu, IIPs-Pb(II) yang dihasilkan menunjukkan potensi sebagai adsorben selektif untuk menghilangkan ion logam Pb(II).

Untuk penelitian selanjutnya disarankan melakukan optimasi perbandingan monomer fungsional (MAA) dan pengikat silang (EGDMA) dengan menggunakan variasi ion templat yang berbeda, sehingga dapat diperoleh IIPs yang lebih luas aplikasinya sebagai adsorben dalam penghilangan berbagai jenis ion logam.

## DAFTAR PUSTAKA


Alizar, U., Djaha, N. A., Mawardi, Suryani, O., Dewata, I., Safitri, E., Hidayat, N., Hanifah, S. A., & Hassan, R. A. (2025). Synthesis and characterization of molecularly imprinted polymers (MIPs) as adsorbents for methylene blue dye. *Rasayan Journal of Chemistry, 18*(1), 352–359. https://doi.org/10.31788/RJC.2025.1819126

Ao, X., & Guan, H. (2018). Preparation of Pb(II) ion-imprinted polymers and their application in selective removal from wastewater. *Adsorption Science & Technology, 36*(1–2), 774–787. https://doi.org/10.1177/0263617417722262

Cajamarca, F. A., & Tarley, C. R. T. (2022). Influence of synthesis parameters and polymerization methods on the selective and adsorptive performance of bio-inspired ion imprinted polymers. *Separations, 9*(10), Article 266. https://doi.org/10.3390/separations9100266

El Ouardi, Y., Giove, A., Laatikainen, M., Branger, C., & Laatikainen, K. (2021). Benefit of ion imprinting technique in solid-phase extraction of heavy metals, special focus on the last decade. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 9*(6), Article 106548. https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106548

Febriani, A., Umaro, S. A., Nursa'adah, E., & Firdaus, M. L. (2022). Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Malachite Green dan Violet Dye Menggunakan Metal Organic Frameworks (Fe-BDC). *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia, 10*(2), 61–72. https://doi.org/10.33394/hjkk.v10i2.5220

Haupt, K., Linares, A. V., Bompart, M., & Bui, B. T. S. (2012). Molecularly imprinted polymers. *Topics in Current Chemistry, 325*, 1–28. https://doi.org/10.1007/128_2011_307

Hong, D., Wang, C., Gao, L., & Nie, C. (2024). Fundamentals, synthetic strategies and applications of non-covalently imprinted polymers. *Molecules, 29*(15), Article 3555. https://doi.org/10.3390/molecules29153555

Kang, M. S., Cho, E., Choi, H. E., Amri, C., Lee, J. H., & Kim, K. S. (2023). Molecularly imprinted polymers (MIPs): Emerging biomaterials for cancer theragnostic applications. *Biomaterials Research, 27*, Article 45. https://doi.org/10.1186/s40824-023-00388-5

Kong, D., Qiao, N., Liu, H., Du, J., Wang, N., Zhou, Z., & Ren, Z. (2017). Fast and efficient removal of copper using sandwich-like graphene oxide composite imprinted

materials. *Chemical Engineering Journal, 326*, 141–150. https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.05.140

Kusumkar, V. V., Galamboš, M., Viglašová, E., Daňo, M., & Šmelková, J. (2021). Ion-imprinted polymers: Synthesis, characterization, and adsorption of radionuclides. *Materials, 14*(5), Article 1083. https://doi.org/10.3390/ma14051083

Lazar, M. M., Ghiorghita, C. A., Dragan, E. S., Humelnicu, D., & Dinu, M. V. (2023). Ion-imprinted polymeric materials for selective adsorption of heavy metal ions from aqueous solution. *Molecules, 28*(6), Article 2798. https://doi.org/10.3390/molecules28062798

Mueller, A. (2021). A note about crosslinking density in imprinting polymerization. *Molecules, 26*(17), Article 5139. https://doi.org/10.3390/molecules26175139

Nishchaya, K., Rai, V. K., & Bansode, H. (2023). Methacrylic acid as a potential monomer for molecular imprinting: A review of recent advances. *Results in Materials, 18*, Article 100379. https://doi.org/10.1016/j.rinma.2023.100379

Nitsae, M., Solle, H. R. L., Martinus, S. M., & Emola, I. J. (2021). Studi Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Arang Aktif Tempurung Lontar (*Borassus flabellifer* L.) Asal Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kimia Riset, 6*(1), 46–57. https://doi.org/10.20473/jkr.v6i1.24525

Pratama, K. F., Manik, M. E. R., Rahayu, D., & Hasanah, A. N. (2020). Effect of the molecularly imprinted polymer component ratio on analytical performance. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 68*(11), 1013–1024. https://doi.org/10.1248/cpb.c20-00551

Ribas-Massonis, A., Cicujano, M., Duran, J., Besalú, E., & Poater, A. (2022). Free-radical photopolymerization for curing products for refinish coatings market. *Polymers, 14*(14), Article 2856. https://doi.org/10.3390/polym14142856

Tarley, C. R. T., Corazza, M. Z., Somera, B. F., & Segatelli, M. G. (2015). Preparation of new ion-selective cross-linked poly(vinylimidazole-co-ethylene glycol dimethacrylate) using a double-imprinting process for the preconcentration of Pb2+ ions. *Journal of Colloid and Interface Science, 450*, 254–263. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2015.02.074

Vasapollo, G., Del Sole, R., Mergola, L., Lazzoi, M. R., Scardino, A., Scorrano, S., & Mele, G. (2011). Molecularly imprinted polymers: Present and future prospective. *International Journal of Molecular Sciences, 12*(9), 5908–5945. https://doi.org/10.3390/ijms12095908

Zhang, R., Gao, R., Gou, Q., Lai, J., & Li, X. (2022). Precipitation polymerization: A powerful tool for preparation of uniform polymer particles. *Polymers, 14*(9), Article 1851. https://doi.org/10.3390/polym14091851

Zhou, Z., Kong, D., Zhu, H., Wang, N., Wang, Z., Wang, Q., Liu, W., Li, Q., Zhang, W., & Ren, Z. (2018). Preparation and adsorption characteristics of an ion-imprinted polymer for fast removal of Ni(II) ions from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials, 341*, 355–364. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.06.010