



Sintesis dan analisis polimer berbasis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) nano melamin ($C_3H_6N_6$) sebagai material sensor

PUTRI AILANA YHAWITA SARI^{1,2}, ERRY KORIYANTI¹, AKHMAD AMINUDDIN BAMA¹, JORENA², DAN IDHA ROYANI*^{1,2}

¹ Program Magister Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan 30862, Indonesia

² Laboratorium Sains Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan 30862, Indonesia

<p>Kata kunci: MIP, pendinginan-pemanasan, nano melamin</p>	<p>ABSTRAK: Nano polimer berbasis <i>Molecularly Imprinted Polymer</i> (MIP) diproduksi dengan metode pendinginan-pemanasan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah melamin. Tujuan dari pembuatan MIP nano melamin adalah untuk memperoleh material sensor dalam pengaplikasiannya. Penelitian ini menggunakan bahan aktif melamin di milling dengan menggunakan alat HEM. Tujuan <i>milling</i> untuk menjadikan serbuk melamin berdimensi nano. Waktu yang digunakan pada proses <i>milling</i> selama 15 menit dengan variasi 61:1. Setelah proses <i>milling</i> selesai dilanjutkan dengan pembuatan polimer melibatkan <i>template</i> nano melamin, <i>methacrylic acid</i> sebagai monomer fungsional, <i>ethylene glycol dimethacrylate</i> sebagai <i>crosslinker</i>, benzoil peroksida sebagai inisiator, dan etanol sebagai pelarutnya disintesis dengan metode pendinginan-pemanasan. Pembuatan <i>non imprinted polymer</i> (NIP) digunakan sebagai polimer kontrol. Proses pembuatan NIP sama seperti pembuatan MIP, tetapi NIP tidak menggunakan bahan aktif melamin. Pada proses pelepasan <i>template</i> melamin berperan penting untuk material sensor. MIP nano melamin, polimer nano melamin, dan NIP yang telah diekstraksi kemudian di karakterisasi dengan uji FTIR, XRD dan SEM. Hasil uji FTIR menunjukkan gugus fungsi nano melamin tidak terlihat pada NIP dibandingkan dengan spektrum MIP, terdapat peningkatan persentase transmitansi. Hal ini disebabkan adanya penurunan konsentrasi nano pada nano melamin setelah di ekstraksi. melamin. Hasil dari uji X-RD menunjukkan bahwa ukuran nano kristal melamin adalah 1,6 nm. Setelah dianalisis dengan <i>software ImageJ</i>, hasil pengujian SEM menunjukkan bahwa jumlah pori yang dicetak adalah 511. Data ini menunjukkan bahwa MIP nano melamin yang diperoleh memiliki potensi aplikasi sebagai material sensor.</p>
<p>Keywords: MIP, <i>cooling-heating</i>, nano melamine</p>	<p>ABSTRACT: Molecularly imprinted polymer (MIP) based nano polymers are produced by the cooling-heat method. The material used in this research is melamine. The purpose of making MIP nano melamine is to obtain a sensor material for its application. This study used the active ingredient melamine in milling using a HEM tool. The purpose of milling is to make melamine powder with nano dimensions. The time used in the milling process was 15 minutes with a variation of 61:1. After the milling process is complete, it is continued with the manufacture of polymers involving melamine nano templates, methacrylic acid as a functional monomer, ethylene glycol dimethacrylate as a crosslinker, benzoyl peroxide as an initiator, and ethanol as a solvent. Making non-imprinted polymer (NIP) is used as a control polymer. The process for making NIP is the same as for making MIP, but NIP does not use the active ingredient melamine. In the process of releasing the melamine template plays an important role for the sensor material. The extracted nano melamine MIP, melamine nano polymer, and NIP were then characterized by FTIR, XRD and SEM tests. The results of the FTIR test showed that the nano melamine functional groups were not visible in the NIP compared to the MIP spectrum, there was an increase in the percentage of transmittance. This is due to a decrease in the concentration of nano on nano melamine after extraction. melamine. The results of the X-RD showed that the size of the melamine nanocrystals was 1.6 nm. After being analyzed with <i>ImageJ</i> software, the SEM test results showed that the number of pores printed was 511. This data indicates that the MIP nanomelamine obtained has potential applications as a sensor material.</p>

* Corresponding Author: email: idharoyani@unsri.ac.id

<https://doi.org/10.56064/jps.v24i3.745>

Naskah diusulkan: 30 November 2022; Naskah disetujui: 27 Desember 2022

p-ISSN: 1410-7058 e-ISSN: 2597-7059 © 2022 JPS MIPA UNSRI

1 PENDAHULUAN

Melamin adalah senyawa kimia organik berbentuk kristal nitrogen yang biasa digunakan dalam produk non pangan [1]. Beberapa kasus keracunan melamin pernah terjadi, termasuk di Amerika Serikat pada tahun 2007 di mana ribuan hewan mati mendadak tanpa diketahui penyebabnya [2]. Penelitian tentang suplemen makanan di Afrika Selatan menunjukkan bahwa 66,6% produk terkontaminasi melamin [3].

Dari beberapa kasus melamin, diperlukan teknik untuk mengidentifikasi yaitu menggunakan teknik *molecular imprinted*. Teknik pencetakan molekuler adalah teknik pembuatan polimer berongga atau *molecular imprinting polymers* (MIPs) dengan memberikan gambaran tentang sifat-sifat yang ditargetkan yang terdeteksi [4]. Proses pembuatan MIP sebagai pendeteksi melamin telah dipelajari oleh banyak peneliti. Berdasarkan penelitian sebelumnya, para peneliti menciptakan MIP dengan mengalirkan nitrogen melalui larutan polimer, kemudian menempatkan larutan tersebut dalam penangas air bersuhu 0°C dan menyinari dengan sinar UV pada suhu 60°C. Waktu pemaparan berkisar antara 14 hingga 24 jam [5][6][7][8][9]. Namun, kelemahan dari teknik aliran nitrogen ini adalah sangat mahal dan memakan waktu [10]. Proses lain yang dapat digunakan dalam pembuatan MIP melalui proses *cooling-heating* [11].

Penelitian ini menggunakan bahan aktif melamin dalam pembuatan polimer. Bahan aktif yang telah di *milling* dapat mempengaruhi ukuran partikel yang dihasilkan, salah satunya adalah *Ball to Powder weight Ratio* (BPR). Rasio yang digunakan dalam penelitian ini adalah 61 : 1 [12]. Perbandingan tersebut dapat berdampak besar pada bubuk *milling*. Teknik karakterisasi nano melamin MIP melamin menggunakan FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsional, X-RD digunakan untuk mengetahui ukuran kristal, SEM digunakan untuk mengetahui data permukaan pada sampel dan ukuran masing-masing rongga pada MIP nano melamin. Jumlah rongga yang terdapat pada MIP nano melamin ini akan mempengaruhi kinerja sensor dalam aplikasinya.

2 METODOLOGI

Ada 3 tahapan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

Tahap Milling

Bahan aktif melamin di *milling* dengan menggunakan alat HEM. Dengan komposisi 100 mg (0,1 gr)

sesuai varian 61:1 dengan waktu *milling* 15 menit, waktu on 5 menit dan waktu off 5 menit. Rasio yang digunakan juga menentukan keberhasilan dalam proses ekstraksi melamin. Pada MIP nano melamin dengan rasio 61:1 menunjukkan paling banyak konsentrasi melamin yang terekstraksi. Rasio yang kecil dapat memperlambat tumbukan antara bola dan bubuk, tetapi rasio yang terlalu tinggi akan membatasi pergerakan bola dan bubuk di dalam jar [13]. Semakin besar volume ruang kosong di dalam jar, semakin kecil ukuran partikel material yang dihasilkan. Hal ini disebabkan banyaknya ruang kosong, sehingga dapat menghasilkan partikel material yang kecil [14]. Keberhasilan proses polimerisasi tidak hanya bergantung pada sintesis tetapi juga pada ukuran partikel template [15].

Tahap Polimerisasi

Tahap pertama, serbuk nano melamin sebanyak 0,045 gr kemudian dimasukkan ke dalam pelarut sebanyak 2,5 mL etanol dan aquabides sebanyak 0,75 mL. Kemudian tambahkan monomer *methacrylic acid* (MAA) sebanyak 0,25 mL. Lalu ditambahkan *cross-linker ethylene glycol* (EDMA) sebanyak 2,825 mL dan terakhir ditambahkan insiator benzoil peroksida (BPO) sebanyak 0,03 gr. Kemudian semua bahan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit sampai semua bahan larut secara homogen. Tahap kedua, setelah larutan tersebut telah tercampur secara homogen, larutan tersebut dimasukkan ke dalam vial dan di tutup rapat untuk proses pendinginan pada suhu -5°C berkisar 1 jam. Tahap ketiga, larutan yang telah melalui proses pendinginan kemudian dipanaskan dengan menaikkan suhu secara berkala yaitu 75°,80°C, dan 85°C masing-masing selama 3 jam. Setelah melalui proses pemanasan polimer menjadi padatan. Padatan polimer yang telah dihasilkan digerus sampai halus. Kemudian dikarakterisasi menggunakan pengujian FTIR, XRD dan SEM.

Tahap Ekstraksi

Proses pencucian (ekstraksi) berlangsung dalam 4 tahap. Tahap pertama, polimer dicuci dengan 8,5 mL pelarut etanol berkisar 16 jam dengan 3 kali perulangan. Pada tahap kedua, polimer di cuci dengan etanol dan asam asetat dengan perbandingan 10:1 masing-masing (5mL: 0,5 mL) berkisar 1 jam dengan 3 kali perulangan. Tahap ketiga, polimer di cuci dengan etanol 3mL selama 1 jam dengan 3 kali pengulangan. Pada tahap terakhir, polimer di cuci dengan etanol dan aquabides masing-masing 6,275mL dan 12,5mL berkisar 1 jam. Kemudian larutan tersebut dibuang dan serbuk yang dihasilkan dikeringkan

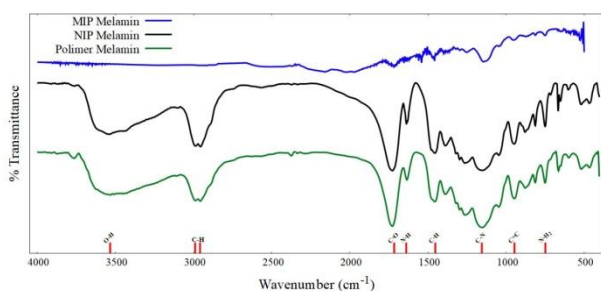
selama ± 24 jam. Setelah itu itu, bubuk polimer yang telah kering akan dikarakterisasi dengan menggunakan uji FTIR, uji XRD dan uji SEM.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

MIP disintesis dengan melamin sebagai *template*, MAA sebagai monomer fungsional gugus asam karboksilat, EDMA sebagai zat pengikat silang, BPO sebagai inisiator, dan etanol sebagai pelarut. Pemilihan pelarut yang tepat akan mempengaruhi kinerja adsorben. Polaritas pelarut sangat mempengaruhi pembentukan struktur adsorben yang terbentuk. Pelarut yang polar akan berinteraksi secara kompetitif dengan *template* ataupun dengan monomer. Pembuatan MIP nano melamin dapat berhasil diuji dengan pengujian FTIR untuk menentukan gugus fungsional dan persen transmitansi. Kemudian di karakterisasi menggunakan uji XRD untuk menentukan ukuran kristal nano polimer. Sedangkan pengujian SEM untuk menentukan morfologi sampel serta jumlah dan ukuran pori yang tercetak pada MIP nano melamin.

Fourier Transform Infrared (FTIR)

FTIR merupakan suatu metode karakterisasi material untuk mengidentifikasi gugus fungsi, tipe ikatan, komposisi kimia dan vibrasi dari ikatan molekul dalam senyawa dengan memanfaatkan panjang gelombang inframerah. Spektrum FTIR menunjukkan unsur-unsur dalam polimer nano melamin dan NIP. Adapun spektrum IR yang dihasilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Hasil karakterisasi FTIR MIP nano melamin, NIP dan Polimer nano melamin.

Gambar 1 menunjukkan karakteristik FTIR dari polimer nano melamin, MIP melamin, dan NIP. Bilangan gelombang $3640-3540\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsional O-H ulur yang merupakan gugus fungsi karboksilat monomer MAA. Puncak gugus karbonil antara $1690-1760\text{ cm}^{-1}$, menunjukkan adanya gugus fungsi C=O yang kuat akibat interaksi antara *template* dan monomer. Bilangan gelombang antara $1340-1150\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus fungsi amina aromatik

primer (C-N ulur), menunjukkan adanya melamin. Gugus fungsi C-N ulur juga terdapat pada rentang bilangan gelombang $1047-1020\text{ cm}^{-1}$. Nilai % transmitansi gugus fungsional dari polimer, MIP dan NIP ditunjukkan pada Tabel 1.

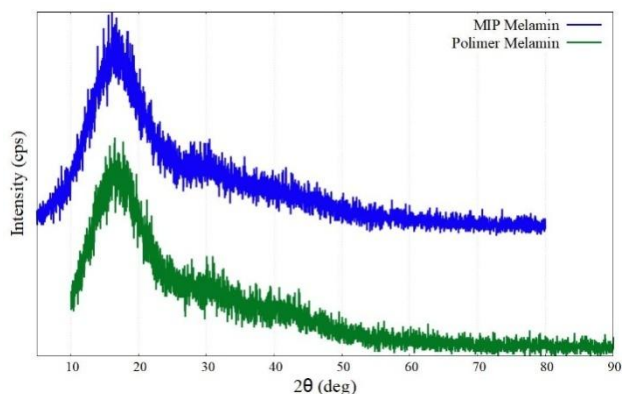
Tabel 1. Persentase Transmitansi NIP, Polimer dan MIP nano melamin

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Transmitansi (%)			Gugus Fungsi
	NIP	Polimer	MIP	
3300-2500	44,44	53,53	-	Fenol, OH <i>stretch</i>
1725-1700	4,87	19,59	66,67	Asam Karboksilat (C=O)
1650-1590	55,75	69,86	74,05	Amina Primer (N-H) <i>bend</i>
1485-1445	-	46,26	73,62	Metilen C-H
1340-1150	16,68	37,44	-	Amina Aromatik Primer (C-N) <i>stretch</i>
1190-1130	-	18,26	72,98	Amina Sekunder, (C-N) <i>stretch</i>
1047-1020	21,55	40,45	-	Amina Primer, (C-N) <i>stretch</i>
995-675	33,86	49,47	95,57	Alkena (=C-H)
820-810	-	66,91	-	Amina (N-H ₂)
680-610	52,84	79,51	-	Alkuna C-H <i>bend</i>

Tabel 1 merupakan pangujian karakterisasi FTIR, dan terlihat bahwa secara umum persen transmitansi MIP nano melamin lebih tinggi dibandingkan polimer nano melamin dan NIP. Pada bilangan gelombang $1650-1590\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus amina primer (N-H *bend*) terdapat peningkatan transmitansi dari polimer ke MIP sebesar 4,19%. Hal yang sama berlaku untuk bilangan gelombang $1190-1130\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus amina sekunder (C-N *stretch*). Pada Tabel 1 ditunjukkan terjadi peningkatan nilai transmitansi yang sangat signifikan untuk polimer setelah dicuci (MIP), yaitu sebesar 54,72%. Dapat dikatakan bahwa secara umum terjadi peningkatan % transmitansi pada polimer sebelum dan sesudah proses ekstraksi. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi melamin pada MIP berkurang akibat perlakuan proses ekstraksi berulang.

Hasil Karakterisasi X-RAY Diffraction (X-RD)

Serbuk melamin yang telah di *milling* dengan waktu 15 menit di karakterisasi menggunakan XRD. Uji karakterisasi XRD bertujuan untuk mengetahui ukuran kristal yang dihasilkan dari MIP nano melamin. Hasil analisis XRD ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola XRD MIP nano melamin dan Polimer nano melamin

Hasil karakterisasi XRD seperti ditunjukkan pada Gambar 2 menjelaskan bahwa puncak intensitas antara polimer nano melamin dan MIP nano melamin terdapat pergeseran sebesar 0.2895778° dan 0.790582° . Ini adalah verifikasi dari peningkatan jarak antar lapisan [16]. Pada Gambar 2 tampak bahwa puncak difraksi polimer yang tidak dicuci lebih rendah jika dibandingkan dengan MIP. Selanjutnya, data yang diperoleh dari spektrum XRD dianalisis untuk mendapatkan ukuran kristal menggunakan Persamaan Debye Scherrer [17].

$$D = \frac{0,9\lambda}{B\cos\theta} \tag{1}$$

dengan nilai D adalah ukuran kristal, λ adalah panjang gelombang sinar-X, θ adalah sudut Bragg, dan B adalah *Full Width Half Maximum* (FWHM). Analisis XRD ditunjukkan pada Tabel 2.

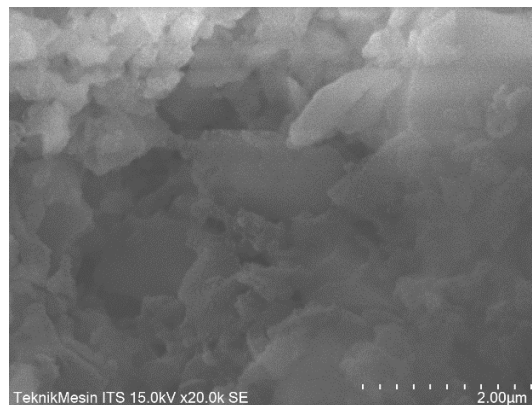
Tabel 2. Analisis XRD Polimer nano melamin dan MIP nano melamin

Sampel	2θ	θ (°)	D (Å)	FWHM (°)	FWHM (rad)	Ukuran Kristal (nm)
Polimer	16.6	8.3	5.34	8.3	0.144788889	0.967973615
MIP Melamin	45.32	22.66	2.7715	5.8675	0.102355278	1.606891978

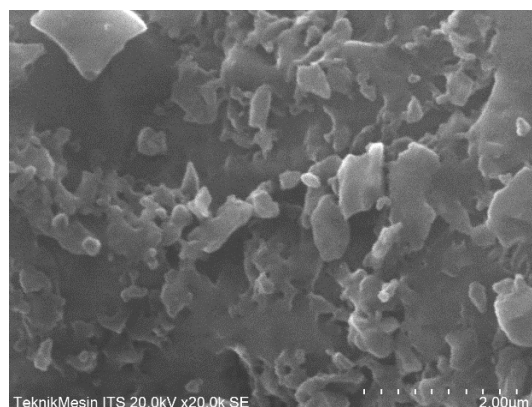
Dari Persamaan 1, dengan nilai konstanta Scherrer ($K= 0,9$) maka diperoleh nilai ukuran kristal dari polimer dan MIP nano melamin. Data XRD (Tabel 2) menunjukkan bahwa nilai FWHM polimer yang tidak dicuci lebih besar jika dibandingkan dengan polimer yang dicuci (MIP). Semakin kecil nilai FWHM menunjukkan bahwa polimer memiliki sifat yang lebih baik [18]. Nilai FWHM yang semakin kecil terhubung dengan ukuran kristal yang lebih besar [2].

Hasil Karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pada penelitian ini struktur permukaan MIP nano melamin ditentukan dengan pengujian SEM yang menunjukkan bahwa terdapat banyak pori pada permukaannya, yang dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)

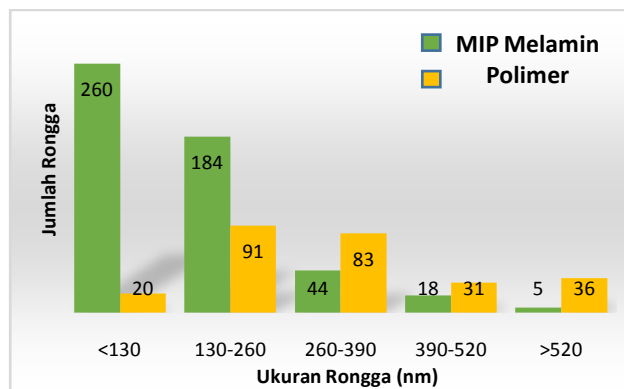


(b)

Gambar 3. Hasil Karakterisasi SEM (a) Polimer nano melamin dan (b) MIP nano melamin

Pengolahan hasil morfologi MIP nano melamin pada Gambar 3 (a) dan (b) dari SEM dilakukan dengan menggunakan *software ImageJ*. Teknik pencitraan terdiri dalam beberapa tahapan, antara lain tahap segmentasi dan estimasi sifat fisis. Tahap segmentasi dilakukan dengan membagi warna dengan bilangan biner, 1 untuk void dan 0 untuk material. Dari pemilihan ini, sifat fisik dapat diperkirakan, yaitu ukuran dan jumlah rongga[12].

Berdasarkan analisis SEM *image* menggunakan *software Image J* diperoleh distribusi ukuran rongga seperti terlihat pada Gambar 4. Sebaran ukuran rongga pada polimer dan MIP nano melamin disampaikan pada gambar tersebut.



Gambar 4. Distribusi ukuran rongga terhadap rongga yang terbentuk pada MIP dan Polimer

Gambar 4. menunjukkan bahwa rongga yang terbentuk dengan ukuran di bawah <130 nm (nano partikel) pada MIP nano melamin yaitu sebanyak 260 dengan rentang 4-130 nm, ukuran 130-260 nm sebanyak 184 rongga, ukuran 260-390 nm sebanyak 44 rongga, 390-520 nm sebanyak 18 rongga dan >520 nm sebanyak 5 rongga. Sedangkan rongga yang terbentuk pada polimer nano melamin dengan ukuran dibawah <130 nm sebanyak 20 rongga dengan rentang 58-130 nm, ukuran 130-260 nm sebanyak 91 nm, ukuran 260-390 nm sebanyak 83 rongga, ukuran 390-520 nm sebanyak 31 rongga, ukuran >520 nm sebanyak 36 rongga. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pengurangan ukuran partikel melamin hingga skala nano dapat mempermudah proses ekstraksi [12]. Hal ini karena volume partikel melamin berkurang setelah direduksi, yang mengarah pada ikatan yang lebih lemah antara atom-atom penyusun partikel, yang memudahkan pelepasan partikel melamin dari ikatan rantai polimer dan membentuk cetakan untuk penggabungan analit [19].

4 KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil FTIR menunjukkan penurunan konsentrasi nano melamin paling besar, MIP nano melamin dapat dilihat dari gugus fungsi C-N sebagai ciri melamin. Hal ini terlihat dari perbedaan persentase transmisi antara nano polimer melamin dan MIP nano melamin. Hasil X-RD menunjukkan adanya penurunan ukuran melamin saat di *milling* dengan alat HEM, menghasilkan ukuran kristal sebesar 1,6 nm. Berdasarkan hasil pengolahan citra SEM, didapatkan 260 pori yang terbentuk berukuran ≤ 130 nanometer, dan jumlah total pori adalah 511. Proses *milling* berpengaruh terhadap ukuran nano melamin sehingga mengindikasikan bahwa material MIP nano melamin yang telah direduksi menjadi ukuran nano berpotensi untuk diaplikasikan sebagai material sensor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada pengelola Laboratorium Sains Material, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya atas dukungannya dalam menyediakan sarana dan prasarana yang diperlukan bagi peneliti untuk melakukan riset.

REFERENSI

- [1] K. Kesehatan, "Permenkes Batas Maksimum Melamin Dalam Pangan.pdf.," pp. 1–94, 2012.
- [2] E. Koriyanti, K. Saleh, F. Monado, F. Syawali, and I. Royani, "On the effect of ethanol solution on melamine template removal process," *J. Chem. Technol. Metall.*, vol. 55, no. 1, pp. 34–39, 2020.
- [3] R. Liang, R. Zhang, and W. Qin, "Potentiometric sensor based on molecularly imprinted polymer for determination of melamine in milk," *Sensors Actuators, B Chem.*, vol. 141, no. 2, pp. 544–550, 2009, doi: 10.1016/j.snb.2009.05.024.
- [4] R. M. Roland and S. A. Bhawani, "Synthesis and Characterization of Molecular Imprinting Polymer Microspheres of Piperine: Extraction of Piperine from Spiked Urine," *J. Anal. Methods Chem.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/5671507.
- [5] I. Sánchez-Barragán, K. Karim, J. M. Costa-Fernández, S. A. Piletsky, and A. Sanz-Medel, "A molecularly imprinted polymer for carbaryl determination in water," *Sensors Actuators, B Chem.*, vol. 123, no. 2, pp. 798–804, 2007, doi: 10.1016/j.snb.2006.10.026.
- [6] C. Zhang, H. Cui, Y. Han, F. Yu, and X. Shi, "Development of a biomimetic enzyme-linked immunosorbent assay based on molecularly imprinted polymers on paper for the detection of carbaryl," *Food Chem.*, vol. 240, pp. 893–897, 2018, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.07.109.
- [7] R. M. Harahap and M. Lutfi Firdaus, "Nanomaterial-based colorimetric sensors for melamine and polymers analysis: A review," *Proceeding ICST*, vol. 2, no. June, pp. 1–9, 2021.
- [8] J. So *et al.*, "Adsorption of 1-naphthyl methyl carbamate in water by utilizing a surface molecularly imprinted polymer," *Chem. Phys. Lett.*, vol. 699, pp. 199–207, 2018, doi: 10.1016/j.cplett.2018.03.059.
- [9] Z. Long, S. Shen, Y. Lu, W. Lan, J. Chen, and H. Qiu, "Monodisperse core-shell-structured $\text{SiO}_2@\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}@\text{SiO}_2$ @MIP nanospheres for specific identification and fluorescent determination of carbaryl in green tea," *Anal. Bioanal. Chem.*, vol. 411, no. 18, pp. 4221–4229, 2019, doi: 10.1007/s00216-019-01902-2.
- [10] I. Royani, Assaidah, Widayani, M. Abdullah, and Khairurrijal, "The effect of atrazine concentration on galvanic cell potential based on molecularly imprinted polymers (MIPS) and aluminium as contact electrode,"

- J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1282, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1282/1/012029.
- [11] I. Royani, Widayani, M. Abdullah, and Khairurrijal, "An atrazine molecularly imprinted polymer synthesized using a cooling-heating method with repeated washing: Its physico-chemical characteristics and enhanced cavities," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 9, no. 10, pp. 5651–5662, 2014.
- [12] . Aprilia, E. Koryanti, and I. Royani, "Optimasi Ukuran dan Jumlah Pori yang Terbentuk Pada Molacularly Imprinted Polymer (MIP) Nano Karbaril (C₁₂H₁₁NO₂)," *Positron*, vol. 10, no. 2, p. 14, 2020, doi: 10.26418/positron.v10i2.40104.
- [13] W. I. H. Sudjarwo G, "Pengaruh berat bola Milling terhadap pembentukan nanopartikel kitosan dari limbah kulit udang *Litopenaeus vannamei*," *Sudjarwo dan Hera Insa*. 2018, vol. 5, no. 3, pp. 248–253, 2018.
- [14] Y. Saputro, Supriyono, and A. D. Anggono, "Kajian partikel arang daun bambu tutul hasil tumbukan," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 20, no. 2, pp. 9–16, 2019.
- [15] Maimuna, F. Monado, and I. Royani, "Studi awal pengaruh kloroform sebagai pelarut pada proses ekstraksi molecularly imprinted polymer (MIP) nano kafein," *J. Fis.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [16] E. H. Alsharaeh, A. A. Othman, and M. A. Aldosari, "Microwave irradiation effect on the dispersion and thermal stability of RGO nanosheets within a polystyrene matrix," *Materials (Basel)*., vol. 7, no. 7, pp. 5212–5224, 2014, doi: 10.3390/ma7075212.
- [17] A. Monshi, M. R. Foroughi, and M. R. Monshi, "Modified Scherrer Equation to Estimate More Accurately Nano-Crystallite Size Using XRD," *World J. Nano Sci. Eng.*, vol. 02, no. 03, pp. 154–160, 2012, doi: 10.4236/wjnse.2012.23020.
- [18] M. Hema, S. Selvasekarapandian, G. Hirankumar, A. Sakunthala, D. Arunkumar, and H. Nithya, "Laser Raman and ac impedance spectroscopic studies of PVA: NH₄NO₃ polymer electrolyte," *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 75, no. 1, pp. 474–478, 2010, doi: 10.1016/j.saa.2009.11.012.
- [19] L. D. de León-Martínez *et al.*, "Synthesis and Evaluation of a Molecularly Imprinted Polymer for the Determination of Metronidazole in Water Samples," *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 100, no. 3, pp. 395–401, 2018, doi: 10.1007/s00128-017-2249-5. _____