

**PENGARUH WAKTU *MILLING* KAFEIN ( $C_8H_{10}N_4O_2$ ) PADA PROSES  
POLIMERISASI DAN KARAKTERISTIK *MOLECULARLY IMPRINTED*  
*POLYMER* (MIP) NANO KAFEIN MENGGUNAKAN  
METODE *COOLING-HEATING***

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika**



**OLEH :**

**JUMATUL RAHMAYANI**

**08021181621063**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

**PENGARUH WAKTU *MILLING* KAFEIN ( $C_8H_{10}N_4O_2$ ) TERHADAP PROSES  
POLIMERISASI DAN KARAKTERISTIK *MOLECULARLY IMPRINTED*  
*POLYMER* (MIP) NANO KAFEIN MENGGUNAKAN  
METODE *COOLING-HEATING***

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

Oleh:

**JUMATUL RAHMAYANI**

**NIM. 08021181621063**

Indralaya, Februari 2020

Menyetujui,

Pembimbing I

**Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si**

**NIP. 197105151999032001**

Pembimbing II

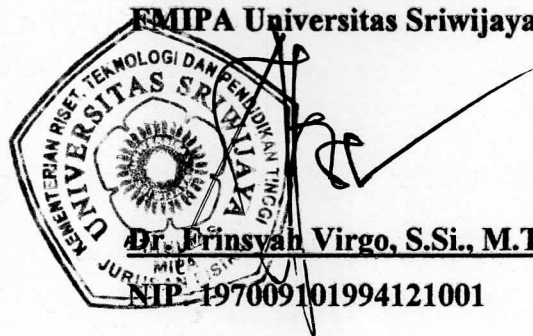
**Dra. Jorena, M.Si**

**NIP.196405101991022001**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Fisika**

**FMIPA Universitas Sriwijaya**



**Dr. Prinsyah Virgo, S.Si., M.T**

**NIP. 197009101994121001**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Waktu Milling Kafein ( $C_8H_{10}N_4O_2$ ) Terhadap Proses Polimerisasi dan Karakter *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) Kafein Menggunakan Metode *Cooling-Heating*” ini dengan baik. Penelitian tugas akhir ini telah dilaksanakan di Laboratorium Sains Material Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya. Skripsi ini diajukan dengan tujuan melengkapi persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya, disamping itu skripsi ini bertujuan untuk memperluas wawasan penulis dalam dunia material yakni polimer.**

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan hasil penelitian tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan serta jauh dari kesempurnaan, yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun agar kedepannya dalam penulisan dapat lebih baik lagi. Penulis berharap hasil tugas akhir ini dapat bermanfaat serta menjadi tambahan pengetahuan dan referensi dalam penelitian selanjutnya. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Khairul Shaleh, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan kritik, saran dan motivasi kepada penulis.
5. Ibu Dra. Jorena., M.Si selaku pembimbing II yang selalu meluangkan waktu untuk berdiskusi mengenai proposal hingga hasil penelitian tugas akhir penulis.
6. Seluruh dosen Jurusan Fisika yang selalu memberikan waktunya untuk sharing-sharing dan memberi nasehat-nasehat yang sangat berguna.
7. Amel, Widya, Cwi, Wimbi, Nia, Dhia, yang senantiasa selalu memberikan warna disetiap hari selama masa perkuliahan.

8. Teman-teman dan kakak-kakak 2015 yang selalu menemani selama masa penelitian di laboratorium (Kak Maimuna, Suci, Lizardo, Richo, Harry, Febriyanto, Beler, Adfan, Ayang, Ashri).
9. Teman-teman KBI Fisika Material 2015 dan 2016.
10. Semua pihak yang telah membantu, guna terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan proposal tugas akhir ini. Semoga hasil penelitian tugas akhir ini dapat diterima dan bermanfaat bagi semua pihak.

Indralaya, Februari 2020

Penulis

Jumatul Rahmayani

NIM. 08021181621063

**PENGARUH WAKTU *MILLING* KAFEIN (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) TERHADAP PROSES  
POLIMERISASI DAN KARAKTER *MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER*  
(MIP) KAFEIN MENGGUNAKAN METODE *COOLING-HEATING***

**OLEH**

**JUMATUL RAHMAYANI**

**08021181621063**

**ABSTRAK**

Sintesis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) nano kafein telah dilakukan menggunakan metode *cooling heating* dengan melibatkan kafein sebagai templat, *Methacrylid Acid* (MAA) sebagai monomer fungsional, benzoil peroksida (BPO) sebagai inisiator reaksi, *Ethylene Glycol Dimethacrylac* (EDMA) sebagai pengikat silang dan kloroform sebagai pelarut. Kafein terlebih dahulu diubah dalam skala nanopartikel menggunakan alat *High Energy Milling* (HEM) jenis *shaker mill-miller 1st* dengan variasi waktu *milling* 10, 15, dan 20 menit. Selanjutnya dilakukan proses polimerisasi dan ekstraksi untuk mendapatkan polimer berongga yang dikenal sebagai *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP). Waktu *milling* berpengaruh terhadap ukuran partikel. Karakteristik dari polimer dan MIP yang dihasilkan diperoleh dari karakterisasi menggunakan XRD, FTIR, dan SEM. Dari data XRD menunjukkan untuk waktu *milling* 10, 15, dan 20 menit menghasilkan ukuran partikel 19,029 nm, 18,498 nm, dan 18,176 nm. Hasil FTIR menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi kafein paling rendah terjadi pada MIP 10 menit, sedangkan pada MIP 15 dan 20 menit perbedaan penurunan konsentrasi yang dihasilkan tidak terlalu signifikan. Berdasarkan hasil SEM, jumlah rongga pada ukuran  $\leq 100$  nm yang terbentuk pada MIP 10, 15 dan 20 menit yakni sebanyak 233, 229 dan 447 rongga.

Kata Kunci: *Molecularly imprinted polymer* (MIP), Kafein, Nanopartikel, *High energy milling* (HEM), metode *cooling-heating*

**THE EFFECT OF TIME MILLING CAFFEINE (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) TOWARDS THE  
POLYMERIZATION PROCESS AND MOLECULARLY IMPRINTED  
POLYMER (MIP) CAFFEINE USING COOLING-HEATING METHOD**

**By**

**JUMATUL RAHMAYANI**

**08021181621063**

**ABSTRACT**

Synthesis of Molecularly Imprinted Polymer (MIP) nano caffeine has been carried out using the cooling heating method involving caffeine as a template, Methacrylid Acid (MAA) as a functional monomer, Benzoyl Peroxide (BPO) as a reaction initiator, Ethylene Glycol Dimethacrylac (EDMA) as a crosslinker and chloroform as a solvent. Caffeine is first modified on a nanoparticle scale using a High Energy Milling (HEM) type of shaker mill-miller type 1 with variations in the milling time of 10, 15, and 20 minutes. The polymerization and extraction process is then carried out to obtain a hollow polymer known as Molecularly Imprinted Polymer (MIP). Milling time affects the particle size. The characteristics of the polymers and MIP produced were obtained from characterization using XRD, FTIR, and SEM. From the XRD data shows that the milling time of 10, 15, and 20 minutes produced particle sizes of 19,029 nm, 18,498 nm, and 18,176 nm. FTIR results showed that the lowest decrease in caffeine concentration occurred at 10 minutes MIP, whereas at 15 and 20 minutes MIP the difference in the decrease in concentration produced was not too significant. Based on SEM results, the number of cavities at pada100 nm size formed at MIP 10, 15, and 20 minutes is 233, 229, and 447 cavities.

*Keywords: Molecularly imprinted polymer (MIP), Caffeine, Nanopatikel, High energy milling (HEM), Cooling-heating method*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Kafein .....	4
2.2. Polimer dan Polimerisasi .....	5
2.3. <i>Molecularly Imprinted Polymer</i> (MIP) .....	6
2.3.1. Pengertian MIP .....	6
2.3.2. Sintesis MIP .....	6
2.3.3. <i>Template</i> .....	7
2.3.4. Monomer .....	8
2.3.5. <i>Cross-linker</i> .....	8
2.3.6. Inisiator .....	9
2.3.7. Pelarut Porogen .....	9
2.4. Nanopartikel .....	10
2.5. <i>High Energy Milling</i> (HEM) .....	11
2.6. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	12
2.7. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	15
2.8. <i>Scanning Elektron Microscope</i> (SEM) .....	17
2.9. <i>High Perfomance Liquid Chromatography</i> (HPLC) .....	19
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	21

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	21
3.2.1. Alat Penelitian.....	21
3.2.2. Bahan Penelitian .....	22
3.3. Tahapan Penelitian .....	22
3.3.1. Proses Milling Kafein.....	22
3.3.2. Sintesis MIP dan NIP .....	22
3.3.3. Pembuangan Template Kafein .....	23
3.3.4. Karakterisasi Sampel.....	23
3.4. Data .....	24
3.5. Bagan Alir Penelitian .....	25
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1. Karakterisasi Kafein Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	28
4.2. Karakterisasi NIP, Polimer dan MIP Nano Kafein Menggunakan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	30
4.3. Karakterisasi MIP Nano Kafein Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	35
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>39</b>
5.1. Kesimpulan.....	39
5.2. Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>44</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Molekul Kafein .....	4
Gambar 2.2. Skema Ilustrasi Proses Pembuatan Molecularly Imprinted Polymer (MIP) 6	
Gambar 2.3. Tumbukan Antar Bola pada Pencampuran Bubuk Selama Proses Milling 11	
Gambar 2.4. Proses difraksi sebagai akibat interferensi konstruktif .....	13
Gambar 2.5. Efek ukuran partikel yang halus terhadap pola difraksi.....	14
Gambar 2.6. Pola XRD dari NIP kafein (warna merah), Polimer Tidak dicuci (warna biru) dan MIP Kafein (warna hijau).....	15
Gambar 2.7. Skema Alat FTIR.....	15
Gambar 2.8. Grafik Spektra FTIR pada Sampel (A) NIP Kafen, (B) Polimer Tidak Dicuci dan (C) MIP Kafein .....	17
Gambar 2.9. Ilustrasi Keja dari Alat SEM .....	17
Gambar 2.10. (a) Polimer Tidak Dicuci dan (b) MIP Kafein.....	18
Gambar 2.11. Komponen Dasar Alat Kromatografi.....	19
Gambar 2.12. Grafik HPLC Polimer Sebelum Dicuci (a) dan Polimer Setelah Dicuci (b) .....	20
Gambar 4.1. Ilustrasi Proses Sintesis MIP .....	27
Gambar 4.2. Serbuk Polimer dan MIP Nano Kafein .....	28
Gambar 4.3. Pola Difraksi Sinar-X pada Kafein dengan Variasi Waktu <i>Milling</i> .....	29
Gambar 4.4. Spektrum FTIR NIP dan Polimer 10, 15 dan 20 Menit .....	30
Gambar 4.5. Spektrum FTIR NIP dan MIP Nano Kafein.....	32
Gambar 4.6. Gambar Hasil SEM MIP Nano Kafein dengan Variasi Waktu Milling (a) 10 menit, (b) 15 menit dan (c) 20 menit dengan pembesaran 10.000 kali	34
Gambar 4.7. Grafik Ukuran dan Jumlah Rongga yang Dihasilkan Oleh MIP Nano Kafein pada Perlakuan Waktu Milling 10, 15 dan 20 menit .....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tipe Frekuensi Absorpsi Inframerah Beberapa Gugus Fungsi.....	16
Tabel 3.1. Data yang Diharapkan dari Hasil Karakterisasi XRD, FTIR, SEM dan HPLC pada NIP, Polimer Kafein dan MIP Nano Kafein .....	24
Tabel 4.1. Hasil Analisis Ukuran Kristal pada Kafein Menggunakan Metode Scherrer	29
Tabel 4.2. Gugus Fungsi dan Persen Transmittansi NIP dan Polimer 10, 15 dan 20 Menit.....	31
Tabel 4.3. Gugus Fungsi dan Persen Transmittansi pada MIP Nano Kafein .....	33
Tabel 4.4. Gugus Fungsi dan Persen Transmittansi NIP, Polimer dan MIP Nano Kafein 10, 15 dan 20 menit .....	34
Tabel 4.5. Ukuran dan Jumlah Rongga pada MIP Nano Kafein .....	36

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kafein adalah senyawa kimia alkaloid heterosiklik yang termasuk dalam golongan *methylxanthine*, yaitu senyawa organik yang mengandung nitrogen dengan struktur dua cincin atau dual-siklik. Kandungan kafein banyak terdapat dalam tanaman kopi, cola dan tanaman teh. Efek positif mengkonsumsi kafein bagi tubuh misalnya dapat menyegarkan dan menghilangkan kelelahan serta dapat meningkatkan daya fokus. Namun mengkonsumsi kafein bukan hanya dapat menimbulkan efek positif bagi tubuh manusia melainkan juga dapat menimbulkan efek negatif apabila dikonsumsi dengan kadar yang cukup tinggi seperti insomnia, mual, gelisah, hipertensi dan kejang (Zarwinda dan Kartika, 2018). Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI) No. HK. 00.05.23.3644, konsumsi kafein yang diizinkan sebesar 50 mg/sajian dan batas maksimum konsumsi untuk satu hari sebesar 150 mg/sajian (BPOM RI, 2014). Oleh karena itu perlunya kontrol terhadap kandungan kafein di dalam minuman.

Ada beberapa cara untuk mengukur kadar kafein dalam minuman seperti menggunakan Spektrofotometri UV-Vis (Zarwinda dan Sartika, 2018; Roossenda dan Sunarto, 2016; Sabarni dan Nurhayati, 2018), titrasi iodometri (Novita dan Aritonang, 2017) dan HPLC (Penggabean dkk, 2011). Namun cara tersebut membutuhkan biaya yang relatif lebih mahal serta tingkat kerumitan yang lebih tinggi (Hidayat dan Sunarto, 2017). Selain itu ada metode yang lebih efisien yakni menggunakan polimer yang dicetak secara molekuler atau *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP). *Molecularly imprinted polymer* (MIP) adalah suatu teknik untuk membuat polimer bercetak yang melibatkan monomer, *cross-linker*, inisiator dan *template* (Komiyama, 2003).

MIP mempunyai keunggulan yakni selektifitasnya tinggi terhadap *template*, murah dan mudah dalam sintesisnya. Selain itu, MIP tidak hanya dapat diaplikasikan dalam bidang fisika namun juga dalam bidang ilmu lainnya seperti biologi, kimia, kromatografi dan bidang kesehatan seperti obat-obatan (Nurhamidah dkk., 2017). Umumnya sintesis MIP dilakukan dengan menggunakan metode aliran nitrogen dan diletakkan dalam *waterbath* (Mustapa dkk, 2016; Fillaeli dan Marfuatun, 2013). Sintesis MIP kafein menggunakan metode aliran nitrogen dan diletakkan dalam *waterbath*

dengan suhu 60°C selama 24 jam telah dilakukan oleh Hidayat dan Sunarto (2017). Namun waktu yang diperlukan kurang efisien sehingga perlu menggunakan metode lain dalam mensintesis MIP yakni metode *cooling-heating*. Waktu untuk mensintesis MIP pada metode ini lebih singkat serta tidak perlu peralatan khusus. Pada penelitian sintesis MIP Atrazin menggunakan metode *cooling-heating*, larutan pra-polimer diletakkan dalam lemasi es pada suhu -5°C selama 60 menit dan proses pemanasan dilakukan pada suhu 70°C selama 150 menit (Royani dkk., 2014).

Ekstraksi atau pembuangan *template* dari polimer akan menghasilkan pori atau rongga yang nantinya akan mengenali target yang mirip dengan molekul *template* baik secara fisika maupun secara kimia (Hidayat dan Sunarto, 2017). Pembuatan MIP kafein menggunakan metode *cooling-heating* sebelumnya telah dilakukan oleh Amalia (2019). Pada penelitiannya menghasilkan ukuran rongga 50-250 nm dan jumlah rongga sebanyak 354. Jumlah rongga yang terbentuk dari hasil ini terbilang masih sedikit dibandingkan pada penelitian Royani dkk (2014) dengan Atrazin sebagai *template* yakni menghasilkan 780 rongga pada ukuran 80-230 nm. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi untuk menghasilkan jumlah dan ukuran rongga yang lebih tinggi. Salah satunya yakni *template* yang digunakan dibuat dalam skala nanopartikel. Tujuannya agar terbentuk ukuran pori yang sangat kecil, sebaran dan jumlah pori yang dihasilkan lebih banyak dibanding menggunakan ukuran *bulk*. Sehingga dalam penerapan sebagai sensor, akan dihasilkan sensor yang sangat sensitif terhadap target, artinya sedikit saja konsentrasi kafein yang terdapat dalam minuman langsung dapat dikenali oleh MIP. Alat yang dapat digunakan untuk mereduksi ukuran kafein dari *bulk* ke nanopartikel yakni *high energy milling* (HEM). Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil *milling* diantaranya kecepatan putar, suhu, rasio bola, jenis *jar milling*, kemurnian serbuk yang akan digiling serta lamanya waktu *milling* (Muhriz dkk, 2011).

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan polimer kafein, MIP nano kafein dan NIP. NIP dibuat dengan cara yang sama dengan pembuatan polimer tanpa menambahkan kafein yang bertujuan sebagai kontrol menggunakan metode *cooling-heating*. Kafein yang digunakan di-*milling* terlebih dahulu menggunakan alat *shakker mill 1st* dengan variasi waktu *milling* kafein yakni 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Hasil *milling* dikarakterisasi menggunakan Difraksi Sinar X (*X-ray diffraction*) untuk mengetahui ukuran partikel kafein. Selanjutnya kafein yang telah berukuran nano

disintesis bersamaan dengan monomer fungsi, pelarut porogen, *cross-linker* dan inisiator hingga dihasilkan polimer padatan kemudian polimer tersebut digerus. Polimer dalam bentuk serbuk selanjutnya diekstraksi menggunakan pelarut asetonitril agar kandungan kafein benar-benar hilang dan terbentuk rongga. Untuk mengetahui karakteristik dari MIP nano kafein, maka akan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini timbul karena sintesis Polimer kafein sebelumnya masih menggunakan kafein dalam ukuran *bulk* sehingga jumlah rongga yang terbentuk pada MIP masih terbilang sedikit. Sehingga pada penelitian ini difokuskan pada pengaruh ukuran kafein terhadap konsentrasi polimer dan MIP nano kafein, ukuran serta jumlah rongga yang terbentuk pada MIP nano kafein.

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Waktu *milling* kafein dilakukan selama 10 menit, 15 menit dan 20 menit.
2. Sintesis MIP Kafein menggunakan metode *cooling-heating*.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini diantaranya:

1. Menganalisis pengaruh waktu *milling* terhadap ukuran serbuk kafein.
2. Menganalisis konsentrasi kafein yang terdapat pada NIP, Polimer dan MIP nano kafein.
3. Menghitung jumlah rongga yang dihasilkan pada MIP nano kafein menggunakan *software poredisc* dengan bantuan matlab..

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini meliputi:

1. Dalam pengaplikasiannya sebagai material membran sensor, MIP nano kafein diharapkan dapat menghasilkan sensor dengan sensitivitas yang tinggi.
2. Memberikan informasi mengenai pemanfaatan teknologi nanopartikel dalam bidang material khususnya polimer.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, I.H., 2011. *Proses Pembentukan Toluena Dikarbamat Sebagai Intermediet dalam Toluen Disosiasi*. Majalah Sains dan Teknologi Digantara, 3(6):102-112.
- Abdullah, M., 2010. *Karakterisasi nanomaterial: Teori, Penerapan dan Pengolahan Data*. Bandung: Rezeki Putera.
- Abraham, M.H., Duce, P.P., Prior, D.V., Barrat, D.G., Morris, J.J. dan Taylor, P.J., 1989. *Hydrogen bonding. Part 9. Solute Proton-Donor and Proton-Acceptor Scales for Use in Drug Design*. *J. Chem. Soc. Perkin Trans. II.*, 1355-1375.
- Ardianingsih, R., 2009. *Penggunaan High Performance Liquid Chromatography (HPLC) dalam Proses Analisa Deteksi Ion*. Jurnal Berita Digantara, 4(10): 102.
- Cullity, B.D. dan Stock, S.R., 2014. *Elements of X-Ray Diffraction Third Edition*. London: Pearson Education.
- Dachriyanus, 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- Firmansari, V., Ratnawulan dan Fauzi, A., 2016. *Pengaruh Waktu Milling Terhadap Ukuran Butir Forsterite ( $Mg_2SiO_4$ ) dari Batuan Dunit di Daerah Jorong Tongar Nagari Aur Kuning Kabupaten Pasaman Barat*. Pillar of Physics, volume 8: 94.
- Hidayat, A dan Sunarto., 2017. *Aplikasi MIP (Molecular Imprinted Polymer) dengan Metanol sebagai Ekstraktan Template dalam Sintesisnya untuk Penentuan Kadar Kafein*. Jurnal Pendidikan Kimia, 2(6): 46.
- Jin, Y., dan Kyung, H.R., 2005, *Adsorption Isotherm of Ibuprofen on Molecular Imprinted Polymer*. Korean J. Chem. Eng.
- Joharwan, J.W., 2017. *Produksi Nanopartikel Arang Bambu Wulung Menggunakan High Energy Milling Model Shaker Mill*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Keputusan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI) No. HK.00.05.23.3644., 2014. *Tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Suplemen Makanan*([http://www.pom.go.id/public/hukum\\_perundangan/pdf/final%20kep\\_1ampiran.pdf](http://www.pom.go.id/public/hukum_perundangan/pdf/final%20kep_1ampiran.pdf)).

- Khan, M.S., Wate, P.S., dan Krupadam, R.J., 2012, *Combinatorial Screening of Polymer Precursors for Preparation of Benzo[a] Pyrene Imprinted Polymer: An Ab Initio Computational Approach*. J. Mol Model, 18.
- Komiyama, M., Takeuchi, T., Mukawa, T. dan Asanuma, H., 2003, *Molecularly Imprinting : from Fundamentals to Applications*, Wiley-VCH, Weinheim.
- Koriyanti, E., Saleh, K., Monado, F., Syawali, F., Royani, I., 2019. *On the Effect of Ethanol Solution on Melamine Template Removal Process*. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 1 (55): 35.
- Muhriz, M. Subagio, A dan Pardoyo., 2011. *Pembuatan Zeolit Nanopartikel dengan Metode High Energy Milling*. Jurnal Sains dan Matematika, 1(19): 12.
- Mustapa, Zulfikar, M.A. dan Amran, M.B., 2016. *Sintesis Molecularly Imprinted Polymer (MIP) untuk Penghilangan Zat Warna Basa (Basic Dye) dari Larutan Berair*. Prosiding SNIPS, ISBN: 987-602-61045-0-2.
- Nevianita, I., 2016. *Rancang Bangun Prototipe Elektroda Aluminium Berbasis Molecularly Imprinted Polymer (Mip) Simazin*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Novita, L dan Aritonang, B., 2017. *Penetapan Kadar Kafein ada Minuman Berenergi Sediaan Sachet yang Beredar di Sekitar Pasar Petisah Medan*. Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan, 1(1):39.
- Nurhamidah., 2005. *Penentuan Kondisi Optimum HPLC untuk Pemisahan Residu Peptisida Imidakloprid, Profenofos dan Deltametrin pada Cabai*. Jurnal Ilmu-ilmu Penelitian Indonesia, 2(7): 88.
- Nurhamidah., Marinda, P., Koryanti, E. Dan Royani, I., 2017. *Pembuatan Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Melamin Menggunakan Metode Cooling-Heating*. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017, volume VI: 2.
- Parikin, 2011. *Identifikasi Fase Kristalin Bahan Paduan ZrNbMoGe dengan Menggunakan Metode Difraksi dan Analisis Rietveld*. Jurnal Iptek Nuklir: ISSN 2087-8079.
- Rahman, R., 2008. *Pengaruh Proses Pengeringan Material Nanopartikel*. Jakarta: Universitas Indonesia.



- Roossenda, K dan Sunarto., 2016. *Efektivitas Pelarut pada Ekstraksi dan Penentuan Kafein dalam Minuman Ringan Khas Daerah Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis*. Jurnal Pendidikan Kimia: 12.
- Rosi, M., Eljabbar, F.D., Fauzi, U., dan Abdullah, M., 2009. *Pengolahan Citra SEM dengan Matlab untuk Analisis Pori pada Material Nanopori*. Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi, ISSN 1979-0880.
- Royani, I., Widayani, Abdullah, M. Dan Khairurrijal., 2014. *An Atrazine Molecularly Imprinted Polymer Synthesized Using a Cooling-Heating Method with Repeated Washing: Its Phycochemical Characteristics and Enhanced Cavities*. International Journal of Elektrochemical Science. 9(2014) 5651-5662.
- Sabarni dan Nurhayati., 2018. *Analisis Kadar Kafein dalam Minuman Kopi Khop Aceh dengan Metode Spektroskopik*. Lantanida Journal, 2(6): 141.
- Sellergen, J., dan Allender, C.J., 2005. *Molecularly Imprinted Polymers: A Bridge to Advanced Drug Delivery*. Advanced Drug Delivery Reviews, 57, 1733-1741.
- Seotiningtyas, D., 2018. *Kandungan Kafein Pada Kopi dan Pengaruh Terhadap Tubuh*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Siahaan, P dan Windarti, T., 2004. *Kimia Fisik Polimer*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Siburian, R.A.F., Simbolon, T.J., Sebayang, K., Simanjuntak, C., Marpaung, H., Wirjosentono, B., Tamrin dan Supeno, M., 2017. *Polimer Ilmu Material*. Medan: USU Press.
- Simanjuntak, B.A dan Purwaningsih, H. 2012. *Pengaruh Kecepatan Milling Terhadap Perubahan Struktur Mikro Komposit Mg/Al<sub>3</sub>Ti*. Jurnal Teknik, 1(1):F113.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., dan Crouch, S. R., 2018. *Principles of Instrumental Analysis*. Canada: Nelson Education.
- Sriyanti, I., 2009. *Pembuatan Nanopartikel CeO<sub>2</sub> dengan Metode Simple Heating: Efek Penambahan Massa Polyethyleneglycol (PEG) Terhadap Ukuran Nanopartikel yang Terbentuk*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian Pendidikan dan Penerapan MIPA: hal F-267.
- Suherman, M. dan Hasanah, A.N., 2017. *Molekular Imprinting Polimer untuk Pengujian Atenolol Dalam Cairan Biologis*. Jurnal Farmaka, 3(15):61-62.

- 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*. Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology, 6(1): 28.
- Tahir, I., Ahmad, M.N., Islam, A.K.M.S., dan Arbain, D., 2012. *Molecular Modeling and Experimental Study on The Interaction Between Quercetin and Methacrylic Acid*, The 2nd International Malaysia-Ireland Joint Symposium on Engineering, Science and Business (IMiEJS 2012), Kangar.
- Tanbus, R., Limbong, H.P., Pinem, C., dan Manurung, E., 2016. *Pengaruh Ukuran Partikel, Waktu dan Suhu pada Ekstraksi Fenol dari Lengkuas Merah*. Jurnal Teknik Kimia, 4(5): 55.
- Tian, D.T., Xiong, T., dan Lu, F.T., 2017. *Synthesis and Properties of Caffeine Molecularly Imprinted Polymers Based on Konjac Glucomannan*. Advances Polymer Tecnology, 1(36): 21575.
- Panggabean, A.S., Pasaribu, S.P., Vinanda, N. dan Hairani, R., 2011. *Optimasi Kinerja Analitik pada Penentuan Kafein dengan Metode Kromatografi Cairan Kinerja Tinggi*. Jurnal Kimia Mulawarman, 2(8): 70-72.
- Yan, H., dan Row, K.H., 2006, *Characteristic and Synthetic Approach of Molecularly Imprinted Polymer*, Int. J. Mol. Sci., 7, 155-178.
- Yanti, Nurhayati, T., Royani, I., Widayani, dan Khairurrijal, 2016. *Synthesis and Characterization of MAA-based molecularly-imprinted polymer (MIP) with D-glucose template*. Journal of Physics: Conference Series 739 012143.
- Zarwinda, I dan Sartika, D., 2018. *Pengaruh suhu dan waktu Ekstraksi terhadap Kafein dalam Kopi*. Lantanida Jurnal, 2(6):181.