

**PERANCANGAN ELEKTRODA CERDAS BERBASIS SENSOR
POTENSIOMETRIK UNTUK MENDETEKSI MEMBRAN
*MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP) KAFEIN***

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana Sains Bidang studi Fisika



FEBRI YANTO

08021181520011

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN ELEKTRODA CERDAS BERBASIS SENSOR
POTENSIOMETRIK UNTUK MENDETEKSI MEMBRAN *MOLECULARLY*
IMPRINTED POLYMER (MIP) KAFEIN**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

Oleh:

FEBRI YANTO

08021181520011

Indralaya, November 2019

Menyetujui,,

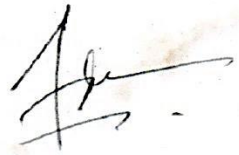
Pembimbing II



Dr. Suheryanto, M.Si.

NIP. 196006251989031006

Pembimbing I

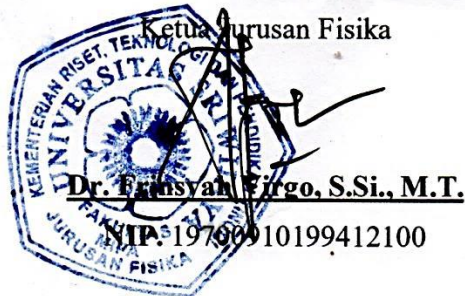


Dr. Idha Rovani, S.Si. M.Si.

NIP. 197105151999032001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Fransyah Ergo, S.Si., M.T.

NIP. 19760910199412100

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Allah ﷻ, karena berkat rahmat dan karunia-Nya skripsi yang berjudul **“Perancangan Elektroda Cerdas Berbasis Sensor Potensiometrik untuk Mendeteksi Membran *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) Kafein”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini diajukan dengan tujuan melengkapi persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Selain itu, skripsi ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan Material Sensor MIP.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi lintas jurusan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik itu dari Jurusan Fisika dan Kimia maupun disiplin ilmu lainnya yang tanpanya, penelitian dan skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah ﷻ karena berkat rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Keluarga penulis, Ayah dan Ibu yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis.
3. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Suheryanto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu untuk mengarahkan dan membantu Penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan Skripsi.
4. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam.
5. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam.
6. Bapak Akmal Johan, S.Si., M.Si. selaku pembimbing akademik saya yang telah banyak membantu dan meluangkan waktu untuk saya.
7. Bapak Dr. Ramlan, S.Si., M.Si., Bapak Akmal Johan, S.Si., M.Si., dan Bapak Khairul Saleh, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik membangun guna menyempurnakan skripsi ini.

8. Seluruh dosen dan staf administrasi Jurusan Fisika yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama Penulis berada di bangku perkuliahan.
9. Ibu Erni, S.Si., M.Si yang telah meminjamkan gelas sebagai alternatif pengganti gelas beker dalam eksperimen serta Bapak Drs. Pradanto Poerwono, DEA yang telah bersedia meminjamkan ruangan.
10. Teman-teman yang telah berkontribusi dalam membantu peneliti menyelesaikan penelitian ini terkhusus untuk Fadhil, Daniel, Delisa, Pemi, Cica, Wiwin, Novia, Dede, Lily, Vina, Richo, Rifky, Amalia, Anche, Della, Kristina, Kak Farhan, Kak Balada, MbK Dwi, MbK Maimuna, MbK Suci dan MbK Anita baik dalam bentuk bantuan langsung maupun tak langsung serta dukungan dan support moril yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.
11. Teman-teman Fisika Teori dan Material (FTM) 15', Omen, Andre, Hendro, Ameng, Aini, Amizwan, Miftah, Dinik, Purni, Dwika, Fika yang telah banyak memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Sahabat seperjuangan, Kyagus, Ican, Dian, Miraj, Cindy, Nyayu, Nuraini dan Erna yang telah memberi warna dalam perjalanan.
13. Teman-teman Asisten Lab. Fisika Komputasi, Fisika 15' dan Himafia, U-Read, Coin, MITI-KM serta seluruh pihak terkait yang tidak dapat Penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis untuk menyelesaikan penelitian terbalaskan. Tidak ada balasan kebaikan kecuali kebaikan pula.

Inderalaya, Oktober 2019

Penulis

Febri Yanto

NIM. 08021181520011

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Analisis Elektrokimia.....	4
2.1.1 Sel Galvani dan Sel Elektrolisis.....	5
2.1.2 Elektroda.....	7
2.2 Validasi Metode Potensiometri.....	7
2.2.1 Akurasi.....	8
2.2.2 Presisi.....	8
2.2.3 Linieritas.....	9
2.2.4 Sensitivitas.....	10
2.2.5 LoD dan LoQ.....	10
2.3 Membran MIP Kafein.....	10
2.3.1 Polimer dan Polimerisasi.....	11
2.3.2 MIP.....	12
2.3.3 Kafein.....	13
2.4 Sensor Elektrokimia dan Prinsip Kerja XRD.....	14
2.4.1 Sensor Elektrokimia.....	14
2.4.2 Prinsip Kerja XRD.....	16
BAB III METOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat.....	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.2.1 Alat Sintesis.....	17
3.2.2 Alat Karakterisasi.....	17
3.2.3 Bahan.....	17

3.3 Tahap Penelitian.....	18
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Sensor Potensiometri Ag/AgCl.....	20
4.2 Pengujian Potensial Reduksi Standar.....	21
4.3 Uji Kemampuan Sensor Potensiometri.....	23
BAB V PENUTUP.....	30
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sel Galvanik (Chang, 2010).....	4
Gambar 2.2 (a) Percobaan Luigi Galvani (b) Generator Volta.....	5
Gambar 2.3 Contoh Polimerisasi Adisi (Rochmadi dan Permono, 2018).....	11
Gambar 2.4 Contoh Polimerisasi Kondensi (Rochmadi dan Permono, 2018).....	12
Gambar 2.5 Proses Pembuatan <i>Molecularly Imprinted Polymer</i> (MIP).....	12
Gambar 2. 6 Struktur molekul kafein (Afriliana, 2018).....	13
Gambar 3.1 Penampakan Elektroda Referensi Ag/AgCl Termodifikasi.....	17
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	18
Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan polimer padat.....	19
Gambar 3.4 Rancang sensor potensiometri.....	20
Gambar 4.1 Difagtogram membran AgCl.....	21
Gambar 4.2 Skema Pengujian.....	24
Gambar 4.3 Kurva Kalibrasi Elektroda.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai Puncak Grafik Hasil XRD.	22
Tabel 4.2 Data Pengukuran dengan elektroda referensi Ag/AgCl Termodifikasi	22
Tabel 4.3 Data Pengukuran dengan elektroda referensi Ag/AgCl Standar.	24
Tabel 4.4 Hasil pengujian dengan elektroda referensi Ag/AgCl termodifikasi dan standar.	26
Tabel 4.5 Data pengukuran CRM kafein pada konsentrasi 5 ppm.....	29
Tabel 4.6 Data pengukuran CRM kafein pada konsentrasi 4 ppm.....	29
Tabel 4.7 Data pengukuran CRM kafein pada konsentrasi 3 ppm.....	30
Tabel 4.8 %Recovery.....	30

DAFTAR ISTILAH

MAA	:	<i>Methacrylic acid</i> ($C_4H_6O_2$)
BPO	:	Benzoil peroksida ($C_{14}H_{10}O_4$)
EDMA	:	<i>Ethylene glycol dimethacrylate</i> ($C_{10}H_{14}O_4$)
ppm	:	<i>Part Per Milion</i>
HCl	:	Asam Klorida
AgCl	:	Perak Klorida
RSD	:	<i>Relatif Standar Deviation</i>
MIP	:	<i>Molecularly Imprinted Polymer</i>
MI	:	<i>Molecularly Imprinting</i>
CRM	:	<i>Certified Reference Method</i>

**PERANCANGAN ELEKTRODA CERDAS BERBASIS *SENSOR POTENSIOMETRIK*
UNTUK MENDETEKSI MEMBRAN *MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP)*
KAFEIN**

Oleh:

Febri Yanto
08021181520011

ABSTRAK

Telah dikembangkan membran polimer berbasis *Molecularly Imprinted Polymer (MIP)* kafein yang disintesa dengan metode *cooling-heating* dan menghasilkan material sensor untuk mendeteksi kafein. Pengujian kafein dilakukan melalui metode potensiometri berdasarkan sel galvanik yang melibatkan anoda dan katoda. MIP kafein yang telah dibuat difungsikan sebagai elektroda kerja atau katoda dan sebagai anoda dilakukan modifikasi pembuatan elektroda referensi Ag/AgCl dengan mereduksi membran AgCl menjadi ukuran nano (44,4930 nm). Kemudian dilakukan uji kinerja elektroda referensi Ag/AgCl termodifikasi yang dibandingkan dengan elektroda referensi AgCl standar. Hasil pengujian E° sel elektroda referensi AgCl standar sebesar 0,24 Volt sedangkan elektroda referensi Ag/AgCl termodifikasi memberikan nilai 0,22 Volt yang lebih mendekati nilai E° sel teori sebesar 0,2223 Volt. Hasil validasi metode potensiometri elektroda referensi Ag/AgCl termodifikasi menghasilkan linearitas kurva kalibrasi pada pengujian larutan kafein dengan rentang konsentrasi 0,1 ppm sampai dengan 5,0 ppm. Berdasarkan rentang pengujian tersebut dihasilkan nilai koefisien linearitas sebesar 0,9993 dengan *Slope* sebesar 0,9693 dan *intersept* sebesar 0,1306 serta perhitungan akurasi menghasilkan nilai sebesar 98,8 46% dan presisi sebesar 0,951%. Dihilangkan nilai limit deteksi (LoD) pada konsentrasi 0,2 ppm dan limit kuantifikasi (LoQ) pada konsentrasi 0,4 ppm. Berdasarkan data hasil validasi metode tersebut dapat disimpulkan elektroda referensi Ag/AgCl termodifikasi memiliki kemampuan yang sama atau setara dengan elektroda standar.

Kata Kunci: MIP, Kafein, AgCl, Elektroda Referensi Ag/AgCl

Pembimbing II

Dr. Suberyanto, M.Si.
NIP. 196006251989031006

Pembimbing I

Dr. Idha Rozani, S.Si, M.Si.
NIP. 197105151999032001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika

Dr. Yenny M. Fiza, S.Si, M.T.
NIP. 19780910199412100

Development of Smart Electrode With Potentiometric Sensor To Detect Membrane Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Caffeine

Oleh:

Febri Yanto
08021181520011

ABSTRACT

Was based on Molecularly Imprinted Polymer (MIP) caffeine has been synthesized by cooling-heating method and produces sensor material to detect caffeine. Caffeine verify is done through a potentiometric method based on galvanic cells involving anodes and cathodes. MIP of caffeine that has been made functions as a working electrode or cathode and as an anode the modification of the Ag / AgCl reference electrode is made by reducing the AgCl membrane to nano size (44,4930 nm). Then the modified Ag / AgCl reference electrode performance test is compared to the standard AgCl reference electrode. The test results of the standard AgCl reference electrode cell are 0.24 Volt while the modified Ag / AgCl reference electrode gives a value of 0.22 Volt which is closer to the theoretical cell E° value of 0.2223 Volts. The results of the validation of the potentiometric method of the modified Ag / AgCl reference electrode produce a linearity of the calibration curve in testing caffeine solutions with a concentration range of 0.1 ppm to 5.0 ppm. Based on the test range, the linearity coefficient value of 0.9993 with Slope of 0.9693 and intercept of 0.1306 was generated and accuracy calculation resulted in a value of 98.8 46% and precision of 0.951%. The resulting detection limit (LoD) at a concentration of 0.2 ppm and the quantification limit (LoQ) at a concentration of 0.4 ppm. Based on the results of the validation method, it can be concluded that the modified Ag / AgCl reference electrode has the same or equivalent capability as a standard electrode.

Keywords: MIP, caffeine, AgCl, Reference Electrode, AgCl

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kafein merupakan stimulan kimia alami dan alkaloid yang secara natural ditemukan dalam daun, biji dan atau buah-buahan dari setidaknya sekitar 63 spesies tanaman di seluruh dunia dan merupakan bagian dari kelompok senyawa yang dikenal sebagai *methylxanthine*. Sumber kafein yang paling umum dikenal yaitu kopi, biji kakao, kacang kola dan daun teh. Meskipun kafein aman dikonsumsi namun kesalahpahaman tentang dampak yang ditimbulkannya telah sejak lama ada dan masih berlanjut hingga sekarang (Wolde, 2014). Kafein adalah salah satu zat yang dapat mengerahkan efek fisiologis yang dapat digunakan untuk menstimulasi susunan syaraf pusat, relaksasi otot polos bronkus dan stimulasi otot jantung. Berdasarkan efek farmakologis tersebut, kafein ditambahkan dalam jumlah tertentu ke minuman. Efek berlebihan (*overdose*) mengkonsumsi kafein dapat menyebabkan gugup, gelisah, tremor, insomnia, hipertensi, mual dan kejang (Maramis dkk., 2013).

Diperlukan suatu teknik untuk mengetahui dosis ambang batas aman mengkonsumsi kafein, yang membutuhkan selektifitas tinggi, sensitif, akurat, mudah, dan menggunakan biaya yang murah. Sebuah teknik sederhana yang bisa dilakukan untuk menganalisis kafein dilakukan dengan teknik *Molecular imprinting*. Teknik *Molecular Imprinting* adalah suatu teknik pembuatan polimer dengan mensintesis analit, pelarut, monomer fungsi, *crosslinker*, dan inisiator melalui proses polimerisasi. Polimer yang dihasilkan selanjutnya diekstraksi untuk membuang analit atau *template* yang digunakan. Dari hasil proses ekstraksi tersebut akan dihasilkan polimer yang memiliki rongga (*cavities*) yang biasa disebut *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP). Rongga-rongga yang dihasilkan berfungsi untuk mengenal molekul dengan ukuran, struktur serta sifat-sifat fisika dan kimia yang sama dengan *template*. Keutamaan dari MIP adalah bisa diterapkan untuk banyak bidang, misalnya bidang kimia dan biologi, makanan, kromatografi, ekstraksi fase padat, serta bidang kesehatan (Nurhamidah dkk., 2017; Royani dkk., 2014). *Molecular Imprinting* dapat diaplikasikan sebagai material sensor untuk mengenal benda asing atau target, sensor yang nantinya dapat berfungsi sebagai pengenalan unsur fisika dan kimia yang sama atau mirip dengan target (Liang dkk., 2009).

Pengembangan metode potensiometri dengan modifikasi elektroda menggunakan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) telah berhasil meningkatkan kinerja elektroda untuk

analisis asam urat secara potensiometri (Khasanah dkk., 2016). Metode potensiometri sendiri cocok digunakan untuk analisis zat yang kesetimbangan elektrokimianya terbentuk pada arus sama dengan nol (Bagotsky, 2006).

Penelitian Akshay dkk., (2018) berhasil mendeteksi nutrisi yang terkandung pada tanah dengan sensor elektrokimia yang menggunakan aplikasi sistem instrumentasi berbasis arduino uno dan berhasil mengklaim bahwa pemakaian sistem instrumentasi dapat menghemat biaya dan memberikan hasil pengukuran yang lebih baik. Umumnya sensor elektrokimia terdiri atas sistem dua elektroda (elektroda referensi dan elektroda kerja), namun sistem tiga elektroda yang terdapat penambahan elektroda indikator menghasilkan nilai ukur yang lebih baik (Maryanto dan Kurniawan, 2016). Meskipun sistem tiga elektroda memiliki keunggulan dalam penyajian namun masih memiliki kelemahan pada proses dan penyimpanan data yang masih harus dilakukan secara manual.

Pada penelitian ini telah disintesa dan dianalisis polimer berongga kafein yang dipolimerisasi menggunakan metode *cooling-heating*; mengacu pada penelitian sebelumnya (Syawali, 2019; Amalia, 2019). Polimer berongga atau membran MIP kafein yang dihasilkan (pra pencucian) memiliki kemampuan untuk menangkap atau mendeteksi aktivitas analit dari molekul kafein pada skala konsentrasi uji 0.1 ppm sampai dengan 0.5 ppm dan 1 ppm sampai dengan 5 ppm. Berdasarkan uji kinerja sensor yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi target maka semakin besar nilai potensial yang terukur (Royani, 2019).

1.2 Perumusan Masalah

Pengujian kafein umumnya menggunakan alat HPLC dan bernilai mahal secara ekonomis. Untuk itu dibuatlah metode pendeteksian kafein dengan metode potensiometrik berbasis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) yang memiliki kemampuan untuk dapat difungsikan sebagai material sensor.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah mendeteksi larutan uji kafein pada 0.1 ppm sampai 0.5 ppm dan 1 ppm sampai 5 ppm tanpa memperhitungkan pH larutan dan temperatur larutan uji.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat sensor potensiometrik berbasis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) untuk mendeteksi membran MIP kafein.
2. Menentukan nilai potensial standar sensor potensiometrik Ag/AgCl termodifikasi dan Ag/AgCl standar.
3. Validasi metode sensor potensiometrik berbasis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat digunakan untuk mendeteksi kandungan analit kafein yang terkandung pada suatu bahan.
2. Turut berkontribusi dalam perkembangan teknologi polimer untuk aplikasi sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia. 2019. Studi Awal Proses Pembuatan Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Kafein Menggunakan Metode Cooling-Heating. Universitas Sriwijaya [Skripsi].
- Akshay, Salve B., Sonali, Sagar S., Mahesh, Patnel L., Omkar, dan Jangkam R., 2018. Soil Nutrient Identification Using Arduino and Electrochemical Sensor. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(2): 1327-1329.
- Alizadeh, Taher., Ganjali, Mohammad Reza., Zare, Mashaalah., dan Noronzi, Parviz. 2010. Development of a Voltmetric Sensor Based on a Molecularly Imprinted Polymer (MIP) for Caffeine Measurement. *Electrochimica Acta*, 55: 1568-1578.
- Bagotsky, Vladimir, Sergeevich., 2006. *Fundamentals of electrochemistry*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Brett, Chistopher M and Brett, Ana Maria Oliveira. 1994. *Electrochemistry Principles, Methods, and Applications*. New York: Oxford University Press.
- Buchori, A., dan Irdhawati. 2002. Koefisien Selektifitas Potensiometrik Elektroda Selektif Ion Nitrat Tipe Kawat Terlapis. *Prosiding FMIPA-UPI*. Bandung. Hal 230-238.
- Budianto, E., dan Sarwono, A., 2008. *Pengaruh Variasi Inisiator dan Teknik Polimerisasi Terhadap Ukuran Partikel pada Kopolimerisasi Emulsi Stirena-butyl Akrilat-metil Metakrilat*. *Makara* 12(2) :61-68.
- Burgess, C. 2000. *Valid Analytical Methods & Procedures*. Cambridge : The Royal Society of Chemistry.
- Chang, Raymond., 2003. *Kimia Dasar (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Chang, Raymond., 2010. *Chemistry 10th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Grieshaber, Dorothee., MacKenzie1, Robert., Voros, Janos., and Reimhult, Erik., 2008. Electrochemical Biosensors-Sensor Principles and Architectures. *Sensors*, 8, 1400-1458.
- Harahap, Muhammad Ridwan. 2016. Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *Circuit*, 2(1): 177-179.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian* . 1(3) : 117-135.
- Harvey, D. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. Amerika Serikat (US) : Mc-Graw-Hill.
- Jordanov, Svetomir, Hadži., 2013. The third century of electrochemistry: Lowering the horizon or raising it further? [Essay] *J. Serb. Chem. Soc.* 78 (12) 2165–2177.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep-Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press.

- Safarimohsenabad, Salman. 2010. Microfluidic Reference Electrode for Use in BioFET Sensor Systems. McMasterUniversity [Thesis].
- Liang, R., Ruiming, Z., Wei,Q., 2009. *Potentiometric sensors basedd on molecularly imprinted for determination of melamine in milk*. Sensors and acuator B 141 281.
- Maramis, R. K., Citraningtyas, G., dan Wehantoue, F., 2013. *Analisis Kafein dalam Kopi Bubuk di Kota Manado Menggunakan Spektrofotometri UV-VIS*. Jurnal Ilmiah Farmasi, Vol.2 No.4.
- Maryanto, Anang dan Kurniawan, Fredy., 2017. Fabrikasi Elektroda Pembanding Ag/AgCl dengan Berbagai Membran. Akta Kimindo, 2(1): 70-71.
- Maryanto, Anang dan Kurniawan, Fredy., 2016. Fabrikasi Elektroda Pembanding Ag/AgCl Menggunakan Membran Poliisoprena dan LDPE. JURNAL SAINS DAN SENI ITS, 5(2): C145-C147.
- Maulidah, Hikmatul, Fitriyah., 2012. Sensor Potensiometri Berbasis Karbon Nanopori/Molecularly Imprinted Polymer untuk Penentuan Urea. Universitas Airlangga [Skripsi].
- Miller dan Miller. 1991. *Statistik untuk Kimia Analitik Edisi Kedua*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Mitchell, Diane C., Knight, Carol A., Hockenberry, Jon., Teplansky, Robyn., Hartman, Terryl J., 2014. Beverage Caffeine Intakes in the US. Food and Chemical Toxicology, 63: 136-137.
- 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) : 1-3.
- Rahmad, A., dan Sunarto., 2017. *Aplikasi MIP (Molecularly Imprinted Polymer) dengan Metanol Sebagai Ekstraktan Template dalam Sintesisnya Untuk Penentuan Kadar Kafein*. Jurnal Kimia Dasar, 2(6): 46-47.
- Rochmadi., dan Permono, A., 2018. *Mengenal Polimer dan Polimerisasi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Rohman, A and Wijayanti, E. 2015. Development and Validation of Atomic Absorption Spectrometry for the Determination of Zink and Mercury Analyzer for Determination of Mercury in Cream Cosmetics. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*. 3(1) : 23-26.
- Royani, Idha., Widayani., Abdullah, Mikrajuddin., Khairurrijal., 2014. An Atrazine Molecularly Imprinted Polymer Synthesized Using a Cooling-Heating Method with

- Repeated Washing: Its Physicochemical Characteristics and Enhanced Cavities. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 9 (2014): 5651 – 5662.
- Sa'adah, E dan Winata, A.S. 2010. Validasi Metoda Pengujian Logam Tembaga pada Produk Air Minum dalam Kemasan secara Spektrofotometri Serapan Atom Nyala. *Biopropal Industri*. 1(2) : 31-37.
- Safarimohsenabad, Salman. 2010. Microfluidic Reference Electrode for Use in BioFET Sensor Systems. McMasterUniversity [Thesis].
- Sanjaya, Putu Gede Mahendra., Partha, Cok Gede Indra., Khrisne, Duman Care. 2017. Rancang Bangun Sistem Data Logger Berbasis Visual Pada Solar Cell. *Teknologi Elektro*, 16(3):115.
- Skoog, D.A and Leary, J.J. 1992. *Principle of in Instrument Analysis*. New York : Sounders Collage Publishing.
- SNI ISO/IEC 17025. 2008. *Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Styarini, D. 2011. Validasi Metode Analisis Kimia. *Warta Kimia Analitik*. 19 : 24-29.
- Stetter, Joseph R., Penrose, William R., Yao, Sheng., 2003. Sensors, Chemical Sensors, Electrochemical Sensors, and ECS. *Journal of The Electrochemical Society*, 150(2): S11-S16.
- Sunarya, Y., dan Setiabudi., A., 2007. *Mudah dan Aktif Belajar Kimia*. Bandung: PT Setia Purna Inves.
- Syawali, Farhan. 2018. Pengaruh Variasi Waktu Dan Pelarut Pada Proses Pembuangan Template Terhadap Jumlah Rongga Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Melamin. Universitas Sriwijaya [skripsi].
- Underwood, A.L dan Day, R.A. 1999. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.
- Vasapollo, G., Sole, Roberta Del., Mergola, Lucia., Lazzoi, Maria Rosaria., Scardino, Anna., Scorrano, Sonia., Mele, Giuseppe., 2011. *Review Molecularly Imprinted Polymers: Present and Future Prospective* .*Int. J. Mol. Sci.* 2011, 12, 5908-5945.
- Wolde, Tsedeke., 2014. Effects of Caffeine on Health and Nutrition: A Review. *Food Science and Quality Management*, 30: 59-64.
- Wahab, Abd Wahid dan Nafie Nursiah La., 2014. Metode Pemisahan dan Pengukuran 2 (Elektrokimia dan Spektrofotometri). Universitas Hasanuddin.
- Wang, Yijun., 2012. *Advances in Electroanalytical Chemistry*. University of Oxford [Thesis Doctoral].

- Widiyantoro, H., 2013. *Media Pembelajaran Sensor Dan Transduser Pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang* [Skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Wiley, J and Sons. 2003. *Sample Preparation Techniques in Analytical Chemistry*. New Jersey : Inc Hoboken.
- Wolde, Tsedeke., 2014. Effects of Caffeine on Health and Nutrition: A Review. *Food Science and Quality Management*, 30: 59-64.
- Zulaekha, Tin., 2006. Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Selektid Ion S²⁻ dengan Komposit Ag₂S, Grafit, dan Paratin. Universitas Sebelas Maret Surakarta [Skripsi].