

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN
MOLECULARLY IMPRINTED CONDUCTING POLIMERS
(MICPs) SEBAGAI BAHAN PENYERAP ASAM URAT**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Sains*



OLEH :

NILU GUSSARSI

NIM. 18036017 / 2018

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

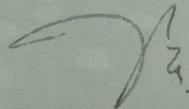
PERSETUJUAN SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN *MOLECULARLY IMPRINTED CONDUCTING POLIMERS* (MICPS) SEBAGAI BAHAN PENYERAP ASAM URAT

Nama : Nilu Gussarsi
Nim : 18036017
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

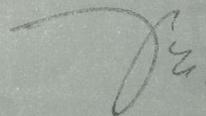
Padang, 06 Juni 2022

Mengetahui :
Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197210241998031001

Disetujui Oleh :
Pembimbing



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197210241998031001

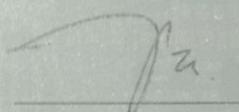
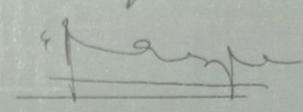
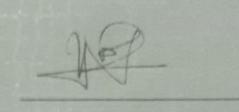
PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Nilu Gussarsi
Nim : 18036017
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN *MOLECULARLY IMPRINTED CONDUCTING POLIMERS* (MICPs) SEBAGAI BAHAN PENYERAP ASAM URAT

Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 06 Juni 2022

Tim Penguji	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Budhi Oktavia, S. Si, M.Si., Ph.D	
Anggota	: Edi Nasra, S.Si., M.Si	
Anggota	: Dr. Yerimadesi, S.Pd., M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Nilu Gussarsi
NIM : 18036017
Tempat / Tanggal lahir : Dalam Koto / 31 Agustus 1999
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Sintesis Dan Karakterisasi Membran *Molecularly Imprinted Conducting Polimers (Micps)* Sebagai Bahan Penyerap Asam Urat**

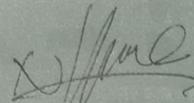
Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Juni 2022

Yang menyatakan



Nilu Gussarsi
NIM. 18036017

Sintesis dan Karakterisasi Membran *Molecularly Imprinted Conducting Polymers* (MICPs) Sebagai Bahan Penyerap Asam Urat

Nilu Gussarsi

ABSTRAK

Molecularly Imprinted Conducting Polymers (MICPs) sebuah polimer yang memiliki rongga yang dapat menghantarkan listrik. Rongga pada polimer dihasilkan dari pembuangan template, template yang digunakan yang memiliki sensitifitas dan selektifitas yang tinggi terhadap analitnya. Tujuan pembentukan polimer berpori ini untuk mengenal molekul target dengan ukuran dan struktur yang sama dengan templatnya yang nantinya dapat diaplikasikan sebagai bahan penyerap asam urat. Metode sintesis yang digunakan untuk pembentukan membran MICPs yaitu metode photopolimerisasi yang menggunakan sinar Ultra-Violet dan dialiri oleh gas nitrogen. Penentuan kadar asam urat dalam larutan dapat dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan dalam darah menggunakan *easy touch*. Sedangkan untuk menentukan konduktifitas listriknya menggunakan *four point probe* (FPP), dari hasil analisis menunjukkan membran MICPs memiliki konduktifitas listrik sebesar 1,9904 ohm.cm¹.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh membran MICPs asam urat yang transparan dengan kondisi penyerapan maksimum terdapat pada pH 7,5 dengan jumlah asam urat pada membran MICPs sebanyak 0,003 gram, pada waktu kontak 24 jam, dengan kapasitas serapan 0,741 mg/g. Membran MICPs asam urat dapat menyerap molekul asam urat dalam darah manusia dengan kapasitas serapan 0,57 mg/g, sesuai dengan pH darah, begitupun membran MICPs dapat menyerap asam urat dalam larutan.

Hasil analisis spectrum FTIR menunjukkan bahwa karakterisasi spectra inframerah dari membran MICPs ekstraksi tidak ditemukan adanya puncak serapan N-H, sedangkan pada MICPs absorpsi terdapat puncak serapan pada daerah 910-665. Gugus N-H merupakan gugus fungsi dari asam urat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa membran MICPs dapat menyerap asam urat baik dalam larutan maupun dalam darah.

Kata kunci : Asam Urat, Membran MICPs, Photopolimerisasi.

Synthesis and Characterization of Membrane Molecularly Imprinted Conducting Polymers (MICPs) As Uric Acid Absorbing Materials

Nilu Gussarsi

ABSTRACT

Molecularly Imprinted Conducting Polymers (MICPs) are polymers that have cavities that can conduct electricity. The voids in the polymer result from the removal of the template, the template used which has a high sensitivity and selectivity to the analyte. The purpose of the formation of this porous polymer is to identify target molecules with the same size and structure as the template which can later be applied as a uric acid absorbent material. The synthesis method used for the formation of the MICPs membrane is the photopolymerization method using Ultra-Violet light and nitrogen gas flowing through it. Determination of uric acid levels in solution can be analyzed using a UV-Vis spectrophotometer and in blood using easy touch. Meanwhile, to determine the electrical conductivity using a four point probe (FPP), the results of the analysis show that the MICPs membrane has an electrical conductivity of 1.9904 ohm.cm¹.

Based on the results of the study, it was obtained that the uric acid MICPs membrane was transparent with the maximum absorption condition at pH 7.5 with the amount of uric acid in the MICPs membrane as much as 0.003 grams, at a contact time of 24 hours, with an absorption capacity of 0.741 mg/g. Uric acid MICPs membrane can absorb uric acid molecules in human blood with an absorption capacity of 0.57 mg/g, according to blood pH, as well as MICPs membranes can absorb uric acid in solution.

The results of the FTIR spectrum analysis showed that the infrared spectra characterization of the extraction MICPs membrane did not find any N-H absorption peaks, while the absorption peaks in MICPs had absorption peaks in the 910-665 region. The N-H group is the functional group of uric acid. The results of this study indicate that the MICPs membrane can absorb uric acid both in solution and in blood.

Keywords: MICPs Membrane, Photopolymerization, Uric Acid.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Sintesis Dan Karakterisasi Molecularly Imprinted Conducting Polimers (MICPs) Sebagai Bahan Penyerap Asam Urat”**. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi tugas mata kuliah ujian skripsi pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Penasihat Akademik sekaligus sebagai Dosen Pembimbing.
2. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D selaku kepala departemen kimia Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si dan Ibu Dr Yerimadesi, S.Pd., M.Si selaku Dosen Pembahas.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unversitas Negeri Padang.
5. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman Kimia 2018 yang telah memberikan semangat dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semoga dengan bimbingan dan bantuan yang bapak, ibu dan teman-teman berikan kepada saya dapat menjadi amal kebaikan dan memperoleh balasan yang baik dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak, atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Mei 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Perumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Polymers	7
B. Asam Urat	18
C. Karakterisasi MICPs	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
B. Subjek dan Objek Penelitian.....	23

C. Variabel Penelitian.....	23
D. Alat dan Bahan.....	24
E. Prosedur Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
A. Sintesis Membran (MICPs).....	30
B. Uji daya Serap Membran (MICPs) terhadap Asam Urat.....	32
C. Penentuan Daya Serap MICPs Terhadap Asam Urat	37
BAB V PENUTUP	43
A. Kesimpulan	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur anilin dan Polianilin	7
Gambar 2. Struktur kimia dari polimer konduktor (CPs)	9
Gambar 3. Struktur MAA dan struktur EGDMA.....	11
Gambar 4. Skema Sintesis MIP	11
Gambar 5. Proses Photopolimerisas.....	13
Gambar 6. Mekanisme photopolimerisasi dengan pembentukan radikal bebas ...	14
Gambar 7. Mekanisme photopolimerisasi yang menggunakan bahan inisiasi.....	14
Gambar 8. Proses sintesis MIPs asam urat dengan MAA sebagai monomer.	15
Gambar 9. Bentuk derajat oksidasi polianilin.....	17
Gambar 10. Struktur Asam Urat	19
Gambar 11. Skema Instrumen FTIR	20
Gambar 12. Skema FPP.	21
Gambar 13. Tahapan polimerisasi asam metakrilat.....	24
Gambar 14. Hasil Analisa Spektrofotometer Infra merah (FTIR).	33
Gambar 15. Kurva kalibrasi standar asam urat.	37
Gambar 16. Kurva jumlah asam urat pada membran MICPs asam urat.....	38
Gambar 17. Kurva Pengaruh waktu penyerapan asam urat.	39
Gambar 18. Optimasi pH penyerapan asam urat oleh MICPs	40
Gambar 19. Pengujian asam urat menggunakan easy touch.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jumlah massa asam urat dan volume MAA, EGDMA	25
Tabel 2. Interpretasi Spectra FTIR.....	33
Tabel 3. Nilai konduktifitas listrik	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja	49
Lampiran 2. Perhitungan.....	54
Lampiran 3. Dokumentasi Hasil Penelitian	64

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Proses polimer merupakan proses bereaksinya antara monomer untuk membentuk rantai polimer. Sintesis polimer menjadi salah satu penelitian yang banyak diminati, hal ini dikarenakan polimer mempunyai banyak kelebihan yaitu mampu membentuk cetakan yang baik, tahan terhadap air dan bahan kimia, serta mempunyai koefisien gesek yang kecil dan dapat diaplikasikan di berbagai bidang kehidupan terutama sensor. Polimer umumnya dikenal sebagai materi yang bersifat non konduktif. Namun beberapa penelitian menemukan berbagai polimer yang bersifat konduktif maupun semi-konduktif yang dapat menghantarkan listrik (Terán-Alcocer *et al.*, 2021).

Polimer konduktor adalah bahan sensor yang banyak dieksplorasi karena dapat menghantarkan listrik. Bahan sensor penghantar listrik yang sering digunakan yaitu *Polipirol*, *polianilin*, dan *politiofena* (Zheng *et al.*, 2018). Polimer konduktor biasanya dibangun dari monomer prekursor bifungsional yang menghasilkan linier dan struktur polimer dengan multifungsi. Polianilin (PANI) telah digunakan sebagai polimer konduktor yang dapat menghantarkan listrik, karena memiliki karakterisasi elektrokimia yang berbeda dari polimer konduktor lainnya, serta memiliki kestabilan lingkungan yang baik, mudah digunakan, dan konduktivitas listrik yang tinggi (Ramanavicius *et al.*, 2021). Polianilin serta turunannya bisa digunakan diberbagai aplikasi karena memiliki keunikan yaitu dapat berada dalam tiga buah bentuk, yakni leukoemeraldin (bentuk yang tereduksi penuh), emeraldin (bentuk yang setengah teroksidasi), dan pernigranilin (bentuk yang teroksidasi)

penuh). Karena memiliki bentuk yang berbeda maka memiliki sifat yang berbeda pula. Bentuk yang paling sering digunakan adalah garam emeraldin (bentuk yang setengah tereduksi dan setengah teroksidasi) yang mana memiliki kestabilan yang baik (Virji et al.,2008).

Molecularly Imprinted Polymers (MIPs) merupakan sebuah polimer yang memiliki rongga. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode yang telah dilakukan oleh Dedi Futura, dkk 2013. Metode ini dimodifikasi dengan mengganti templatnya yaitu 17 β -estradiol dengan asam urat dan tidak menggunakan surfaktan. Molekul template yang berupa asam urat ini disintesis dengan menggunakan asam metakrilat sebagai monomer fungsional, EGDMA sebagai crosslinker, dan DMPP sebagai inisiatornya. Hasil sintesis dari template, monomer, crosslinker dan inisiator ini menghasilkan membran padat yang transparan seperti plastik (Membran MIPs-asam urat). Rongga pada polimer tersebut dihasilkan dari ekstraksi template, yang berfungsi untuk mengenal molekul target dengan ukuran struktur, serta sifat fisika kimia yang sama dengan analitnya, yang nantinya aplikasi dari MIPs ini digunakan sebagai bahan penyerap asam urat yang memiliki tingkat selektivitas dan sensitivitas yang tinggi terhadap molekul target. MIPs yang dibentuk disini yaitu MIPs yang dapat menghantarkan listrik dengan penambahan anilin dalam proses pembentukan MIPs mampu menghasilkan polimer berpori yang bersifat konduktor yang disebut dengan *Molecularly Imprinted Conducting Polymer* (MICPs).

Prinsip umum pencetakan molekuler didasarkan pada proses sintesis dimana monomer fungsional dan ikatan silang dipolimerisasi dengan adanya analit target yang bertindak sebagai molekul templat (Zhongbo et al., 2008). Pembuangan

templat pada proses ekstraksi sangat berperan penting untuk menghasilkan MICPs yang selektif terhadap template (analit) yang dapat digunakan sebagai material sensor yang baik. Pencetakan molekul merupakan sarana untuk memasukkan situs dengan susunan molekul tertentu kedalam matriks polimer yang seragam (Allender *et al.*, 2000).

MICPs dapat menghasilkan cetakan yang spesifik terhadap analit pada sampel. Terdapat banyak metode yang bisa kita gunakan untuk proses polimerisasi, diantaranya adalah metode *cooling-heating*, metode hidrotermal, metode ruah, metode endapan, metode suspensi, metode emulsi. Metode polimerisasi suspensi melibatkan polimerisasi radikal monomer dalam medium yang terdispersi yang menghasilkan suspensi polimer. Metode *cooling-heating* menggunakan preparasi yang sederhana dengan menggunakan proses pendinginan dan pemanasan pada proses polimerisasinya, serta efektif dalam pembentukan rongga polimer (Zhang *et al.*, 2010). Namun dari metode yang sudah ada masih memiliki kelemahan yaitu tidak ramah lingkungan, waktu yang tidak efisien dan proses pengerjaannya yang sulit. Maka untuk mengatasi masalah tersebut pada penelitian ini sintesis MICPs dilakukan dengan metode yang lebih cepat dan sederhana yaitu menggunakan metode fotopolimerisasi dengan melibatkan sinar UV dalam pengaktifan monomer menjadi radikal bebas atau ion untuk memulai terjadinya proses polimerisasi (Meloni *et al.*, 2021). Dilihat dari proses pengerjaannya, metode ini ramah lingkungan, waktu lebih efisien dan preparasi sampel yang lebih sederhana (Wijayani *et al.*, 2014).

Polimerisasi dilakukan dengan mencampurkan anilin yang berperan sebagai zat aktif yang menyebabkan polimer bersifat konduktor, EGDMA (*crosslinker*),

DMPP (inisiator), MAA (monomer), dan asam urat sebagai template. Pada proses akhir molekul, template dilepaskan kembali sehingga membentuk rongga yang mirip dengan molekul template. Selain itu, MICPs tidak hanya menunjukkan kapasitas fotodegradasi yang lebih tinggi terhadap cahaya tampak, tetapi dengan penggabungan elektro yang bersifat konduktor didapatkan perangkat elektronik dengan kinerja yang tinggi dan kualitas sensor yang baik (Pardieu *et al.*, 2009).

Dalam penelitian ini dilakukan modifikasi dalam pembentukan MIPs, dengan penambahan zat aktif yang menyebabkan polimer bersifat konduktor dan kompositnya dengan bahan lain yang menunjukkan bahwa polimer konduktor dapat disintesis oleh bahan kimia dan bahkan pendekatan bioteknologi. Berdasarkan latar belakang di atas peneliti berminat melakukan sintesis MICPs dengan metode fotopolimerisasi. Proses polimerisasi ini menggunakan sinar UV dan dialiri oleh gas nitrogen dalam pembentukan MICPs, serta mengetahui sifat-sifatnya dengan melakukan karakterisasi menggunakan FTIR, dan penentuan konduktivitas listrik menggunakan *Four Point Probe* (FPP). Maka penelitian ini diberi judul **“Sintesis dan Karakterisasi Membran *Molecularly Imprinted Conducting Polimers* (MICPs) Sebagai Bahan Penyerap Asam Urat”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan beberapa metode yang telah digunakan untuk sintesis MICPs, seperti metode *cooling heating*, metode hidrotermal, metode ruah, metode endapan, metode suspensi, dan metode emulsi masih memiliki kelemahan, seperti membutuhkan waktu yang lama, dan preparasi sampel yang sulit. Sehingga

diharapkan metode photopolimerisasi ini menjadi metode yang lebih efisien sebagai metode sintesis MICPs untuk penyerapan asam urat.

C. Batasan Masalah

Agar peneliti lebih terfokus, maka peneliti membatasi masalah yaitu sintesis dan karakterisasi MICPs dengan metode photopolimerisasi untuk bahan penyerapan asam urat.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diperoleh beberapa perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana sintesis MICPs dengan metode photopolimerisasi ?
2. Bagaimana optimasi daya serap MICPs terhadap asam urat ?
3. Bagaimana daya serap MICPs hasil sintesis terhadap asam urat dalam darah ?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mensintesis MICPs dilakukan menggunakan photopolimerisasi dengan menggunakan sinar UV yang dialiri oleh gas nitrogen dalam proses pembentukannya guna sebagai penyerapan asam urat.
2. Mengoptimasi MICPs terhadap penyerapan asam urat dengan mengukur efisiensi daya serapnya menggunakan uv-vis.
3. Daya serap MICPs hasil sintesis dilakukan dengan cara merendam membran MICPs kedalam darah untuk menentukan daya serap MICPs.

F. Manfaat Penelitian

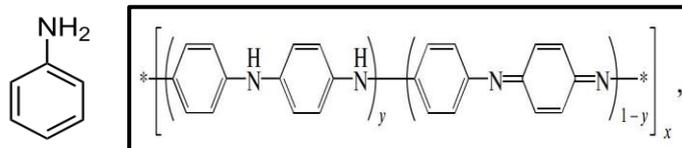
Manfaat yang diperoleh dari penelitian adalah :

1. Dapat memberikan informasi tentang pembuatan *Molecularly Imprinted conducting Polymers* (MICPs) dengan metode photopolimerisasi sebagai bahan penyerap asam urat.
2. Sebagai bahan rujukan untuk penelitian berikutnya terkait dengan MICPs sebagai bahan sensor asam urat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Polymers

Unit kecil berulang yang membangun polimer disebut monomer. Polimer merupakan senyawa molekul besar yang berbentuk rantai panjang atau jaringan yang tersusun dari gabungan monomer yang berulang. Terdapat 2 jenis polimerisasi, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. Polimerisasi adisi merupakan proses polimerisasi yang hanya terjadi pada senyawa yang mempunyai ikatan rangkap yang dimulai dengan membuka ikatan rangkap monomer sehingga tidak kehilangan molekul-molekul sederhana. Sedangkan polimerisasi kondensasi merupakan proses polimerisasi dengan unit berulang yang memiliki struktur yang berbeda. Sebagai contoh polianilin merupakan polimer yang tersusun dari proses polimerisasi monomer anilin (Asua, 2004).



Gambar 1. Struktur anilin dan Polianilin
(Yang *et al.*, 2018).

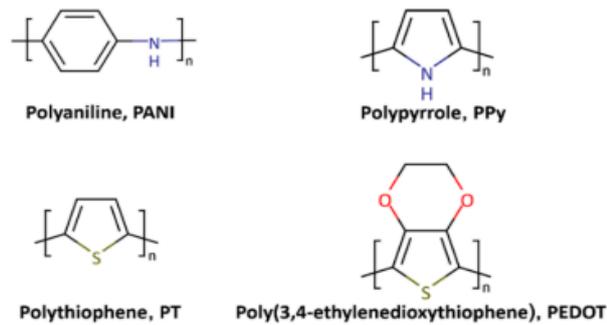
Dengan perkembangan IPTEK, dalam bidang material salah satunya pemakaian bahan polimer, maka berbagai cara dilakukan untuk mengubah bahan polimer sebagai bahan alternative dalam dunia industri. Pada dasarnya polimer bersifat non konduktor, untuk membentuk polimer yang dapat menghantarkan listrik maka dilakukan penambahan bahan yang bersifat konduktor yang dapat menghantarkan listrik untuk menggantikan bahan logam (Zhu *et al.*, 2015). Hal ini dikarenakan polimer mempunyai kelebihan yang dianggap dapat menjadi alternatif

untuk polimer yang bersifat konduktor. Selain dapat menambah kemampuan polimer dalam menghantar listrik proses ini juga dapat menambah tekstur keras pada permukaan polimer, serta dapat menambah nilai dekoratif dari bahan tersebut, dengan penambahan beberapa zat tertentu dalam proses pembentukan polimer, sehingga polimer dapat dibagi kedalam beberapa bentuk diantaranya :

1. *Conducting Polimers (CPs)*

Dalam penelitian ini, aplikasi analitis yang sering digunakan yaitu polimer konduktor, bahan penginderaan kimia berdasarkan polimer konduktor dicetak secara molekuler yang disintesis dengan menggunakan penanda ligan terkondensasi sebagai molekul template. Pemodelan molekul digunakan sebagai alat penting untuk memahami dan mengoptimalkan kompleksasi monomer fungsional. Pencetakan molekuler template dengan tujuan untuk membentuk jaringan polimer dengan afinitas terhadap molekul template dan meningkatkan strategi sintesis (Han *et al.*, 2014).

Polimer konduktor yang paling sering digunakan Sampai saat ini yaitu *polianilin*, *polipirol*, dan *politiofena*. Dikarenakan memiliki konduktifitas listrik yang baik. Namun disini kita lebih menggunakan polianilin sebagai sampel untuk penentuan polimer yang bersifat konduktor yang dapat menghantarkan listrik. Polianilin merupakan molekul besar yang dibentuk dari pengulangan molekul kimia kecil dan sederhana yang disebut monomer anilin ($C_6H_5NH_2$) yang memiliki ikatan kovalen (Malinauskas *et al.*, 2005). Di antara tingginya jumlah CPs, polianilin telah digunakan sebagian besar dalam desain biosensor enzimatik sebagai matriks untuk immobilisasi enzim (Kong *et al.*, 2014).



Gambar 2. Struktur kimia dari polimer konduktor (CPs)
(Nguyen *et al.*, 2016).

Beberapa polimer konduktor dapat diterapkan dalam desain polimer yang dicetak secara molekuler untuk menyesuaikan sifat fisika dan kimia dari struktur yang terbentuk. Sifat ini juga dapat diubah dengan baik menggunakan bahan yang berbeda dengan memberikan sensitivitas yang tinggi, waktu respons yang singkat, dan beroperasi pada suhu kamar (Srilalitha *et al.*, 2013).

Sebagian besar CPs memiliki kelarutan yang agak buruk pada pelarut. Kelarutan yang rendah mengurangi kemampuan proses terbentuk CPs. Dengan adanya deposisi elektrokimia sangat berguna untuk deposisi lapisan berbasis polimer konduktif. Rantai polimer yang terdelokalisasi elektron memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Oleh karena itu, CPs telah menemukan aplikasi yang efisien dalam sensor, hal penting dalam desain perangkat elektronik adalah pemilihan CPs dengan sifat yang sesuai, termasuk potensial arus, dan durasi memungkinkan untuk menyesuaikan karakteristik analitik dari lapisan polimer yang terbentuk (Wang *et al.*, 2014). Selain itu, konduktivitas listrik dan beberapa sifat polimer dapat disesuaikan dan dikendalikan oleh variasi konsentrasi polimer (Xie *et al.*, 2013).

Beberapa CPs membentuk hidrogel yang terdiri dari dua fase, yaitu fase cair dan fase padat. Selain itu, struktur berpori gel memungkinkan difusi yang baik dari molekul analit dan ion melalui struktur komposit polimer berbasis PANI yang menunjukkan selektivitas yang baik, sehingga sangat cocok untuk desain sensor (Li *et al.*, 2015). Lapisan komposit berbasis CPs dengan sensitivitas dan selektivitas yang berbeda dapat terbentuk. Pembentukan elektrokimia lapis CPs memungkinkan terbentuknya lapisan dengan perbedaan struktural yang signifikan.

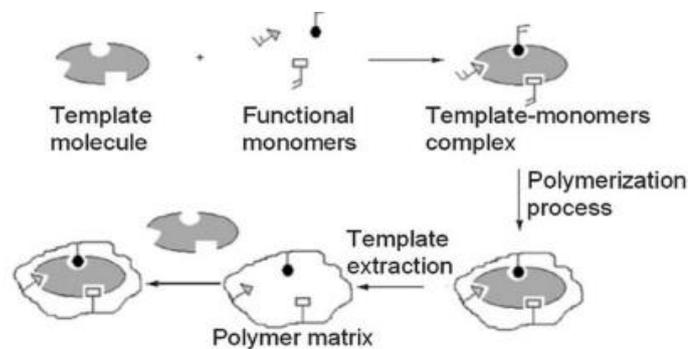
2. *Molecularly Imprinted Polimers (MIPs)*

MIPs merupakan teknik yang dikembangkan untuk menghasilkan polimer berpori melalui proses ekstraksi. Pori ini berfungsi untuk mengenal molekul target dengan ukuran, struktur serta sifat fisika, kimia yang sama dengan analitnya (Wijayani *et al.*, 2014). MIPs adalah sejenis polimer yang dirancang dari monomer fungsional (FM) dan agen pengikat silang dengan adanya template. Menurut penelitian yang dilakukan Khasanah (2010) menyatakan prinsip umum pencetakan molekuler didasarkan pada proses monomer fungsional dan ikatan silang di polimerisasi dengan adanya analit target yang bertindak sebagai molekul template. Proses polimerisasi dapat dibentuk dari asam metakrilat (MAA) yang berperan sebagai monomer pengikat silang, etilen glikol dimetakrilat (EGDMA) sebagai *crosslinker* dan (DMPP) digunakan sebagai inisiatornya, sedangkan templatnya adalah asam urat.



Gambar 3. Struktur MAA dan struktur EGDMA

MIPs dibentuk dengan mengekstraksi asam urat dari jaringan polimer. Sehingga diperoleh sensor yang memiliki sensitif dan selektif yang tinggi sebagai bahan sensor asam urat. Dengan sistem pencetakan ini akan terbentuk cetakan spesifik dengan molekul analit tertentu, sehingga analisis analit tidak terganggu dengan adanya matriks lain karena cetakan hanya akan sesuai dengan spesies yang dianalisis (Khasanah *et al.*, 2010).



Gambar 4. Skema Sintesis MIPs
(Volkert *et al.*, 2014).

MIPs dibuat dengan pembentukan template dari monomer fungsional, *crosslinker*, inisiator dalam pelarut porogen. Monomer fungsional yang dipilih berinteraksi dengan molekul template, yang menghasilkan pembentukan template monomer yang stabil. Monomer fungsional diposisikan di sekitar molekul template dan difiksasi dengan kopolimerisasi *crosslinker*. Selanjutnya dengan penambahan ekstrak pelarut untuk menghapuskan molekul template, situs pengikatan matriks polimer saling melengkapi dalam bentuk cetakan template, sehingga matriks

polimer yang diperoleh mengenali dan mengikat secara selektif molekul template (Włoch *et al.*, 2019).

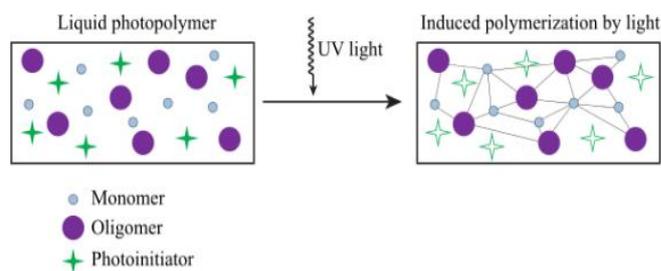
Selektivitas yang baik dari lapisan MIPs dapat dikaitkan dengan situs pengikatan spesifik pada polimer MIPs. Dimana molekul target dapat membentuk ikatan kovalen atau ikatan non-kovalen. Karena kesederhanaan dan ketersediaan monomer yang dapat berinteraksi dengan semua jenis template. Molekul target dapat dikenali secara khusus pada situs pengikatan, yang menghasilkan selektivitas target yang baik (Aprilia *et al.*, 2020).

Beberapa publikasi menjelaskan tentang aplikasi pembentukan MIPs sebagai bahan modifikasi elektroda untuk meningkatkan penginderaan elektrokimia sensitivitas dan selektivitas sebagai bahan penyerapan, yang bertindak sebagai elemen pengenalan sensor, dan dapat digunakan untuk pengenalan spesifik molekul target karena situs pengikatan komplementer dalam ukuran dan bentuk template yang sama (Tristi *et al.*, 2018). Salah satunya dapat digunakan sebagai bahan penyerapan asam urat dapat ditingkatkan dengan memodifikasi kerja elektroda menggunakan polimer dengan molekul template (Speltini *et al.*, 2017).

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam sensor elektrokimia yang memiliki kinerja tinggi Pertama, metode polimerisasi berperan penting dalam kinerja pengindraan termasuk polimerisasi curah, elektropolimerisasi, sol-gel dan deposisi lapis telah diterapkan dalam pembentukan bahan MIPs (Malinauskas, 2005). Kedua, monomer merupakan faktor penting yang mempengaruhi efisiensi deteksi. Asam akrilik dan asam metakrilat yang digunakan sebagai monomer (Yoshikawa *et al.*, 2016). Bahan MIPs mempunyai peran dalam meningkatkan selektivitas sensor, memiliki kesederhanaan operasi, dan stabilitas penyimpanan

yang baik (Speltini *et al.*, 2017). Dengan demikian dari banyaknya keunggulan tersebut membuat sensor MIPs memenuhi standar diagnosis klinik dan menjanjikan reproduksi dalam jumlah besar. Eksplorasi monomer dengan kemampuan transfer muatan dan konduktivitas yang tinggi merupakan tugas penting dari MIPs.

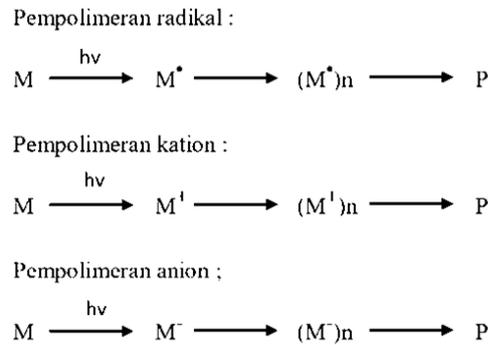
Namun dari metode yang pernah dilakukan untuk pembentukan MIPs masih memiliki kelemahan yaitu tidak ramah lingkungan, waktu yang tidak efisien dan proses pengerjaannya yang sulit. Maka untuk mengatasi masalah tersebut pada penelitian ini sintesis MIPs dilakukan dengan metode yang lebih cepat dan sederhana yaitu menggunakan metode fotopolimerisasi dengan melibatkan sinar UV dalam pengaktifan monomer menjadi radikal bebas atau ion untuk memulai terjadinya proses polimerisasi dengan paparan sinar ultraviolet (UV). Metode ini digunakan karena memiliki kelebihan yaitu, praktis, mudah dipakai, dan efisien waktu. Menurut literatur inisiator darocur 1173 berkerja pada daera serapan sinar UV pada panjang gelombang 245 nm-375 nm (Futra *et al.*, 2016).



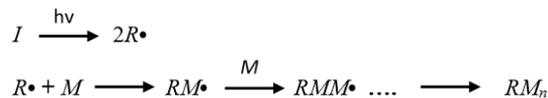
Gambar 5. Proses Photopolimerisas.
(Brighenti *et al.*, 2021).

Prinsip dasar dari proses Photopolimerisas ini adalah penyerapan cahaya oleh monomer saat disinari dengan sinar ultra violet (UV), sehingga akan dihasilkan beberapa monomer aktif seperti radikal bebas, kation, dan anion yang akan bergabung secara ikatan kimia untuk membentuk rantai polimer. Agar reaksi

pempolimeran yang terjadi lebih mudah, perlu ditambahkan bahan inisiasi yang sensitif terhadap sinar UV. Bahan inisiasi yang telah digunakan untuk sintesis polimer dengan metode fotopolimerisasi ini ialah 2,2-dimetoksi-2-fenilasetofenon.

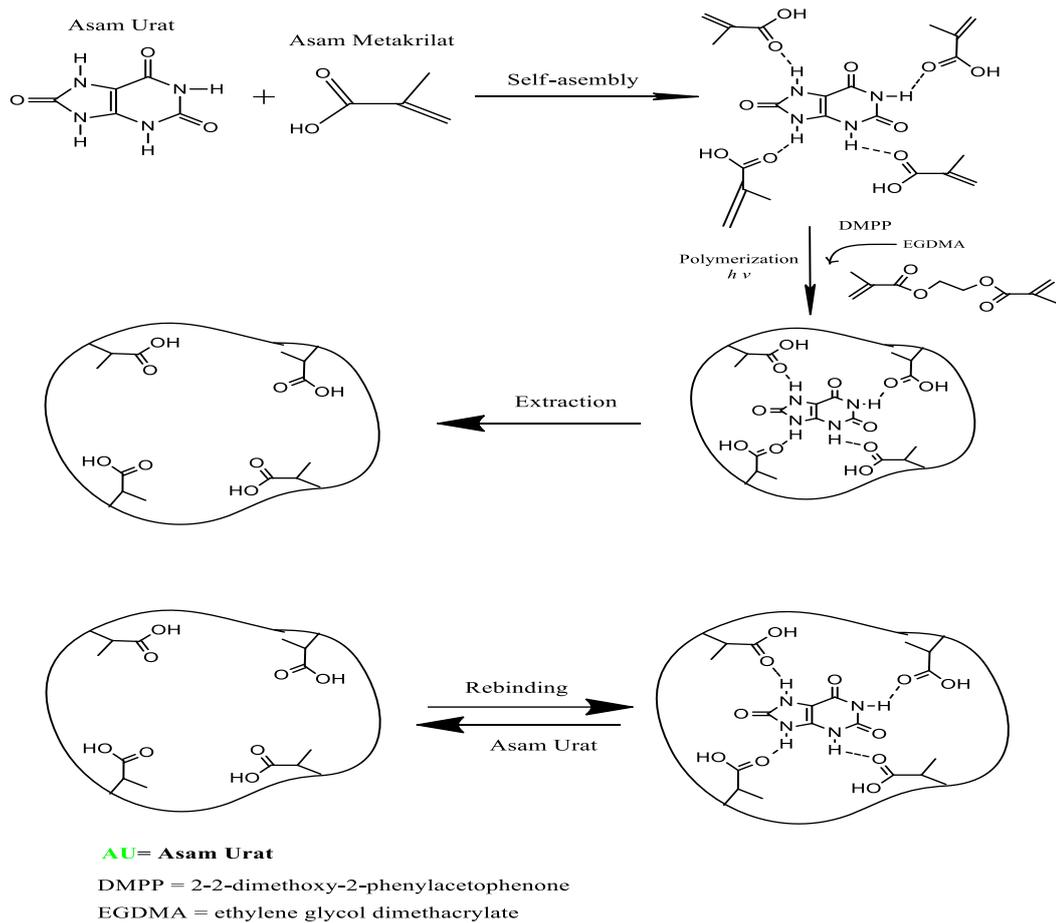


Gambar 6. Mekanisme photopolimerisasi dengan pembentukan radikal bebas, kation, dan anion dari monomernya. (Fouassier *et al.*, 2003)



Gambar 7. Mekanisme photopolimerisasi yang menggunakan bahan inisiasi. (Sperling, 2006).

Pembuatan MIPs terdiri dari 3 tahap. Tahap pertama dimulai dengan pembentukan kompleks antara molekul target (template) dan gugus fungsi dari monomer. Selanjutnya terjadi kopolimerisasi antara kompleks yang terbentuk dengan crosslinker. Kemudian terjadi reaksi polimerisasi dan penghilang template dari polimer dengan cara ekstraksi ataupun cara lain (Khasanah *et al.*, 2010). Pada reaksi polimerisasi ini crosslinker digunakan untuk membuat ikatan antara rantai polimer dengan polimer yang lain. Sedangkan inisiator digunakan untuk meningkatkan kecepatan polimerisasi. Satu molekul asam urat dapat mengikat empat monomer fungsional.



Gambar 8. Proses sintesis MIPs asam urat dengan MAA sebagai monomer. (Darmokoesoemo, 2017)

Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan bahwasannya asam urat dapat mengikat empat buah asam metakrilat sekaligus dalam keadaan cair, dengan penambahan EGDMA dalam proses pembentukannya maka akan terbentuk polimer padat. Setelah dilakukan proses ekstraksi dengan perendaman menggunakan asetonitril sehingga akan membentuk polimer berpori. Pori pada polimer itulah yang disebut dengan MICPs, ini dapat dilakukan proses reekstkasi atau menyerap kembali templatnya dengan cara memasukkan kembali asam uratnya.

3. *Molecularly Imprinted Conducting Polimers (MICPs)*

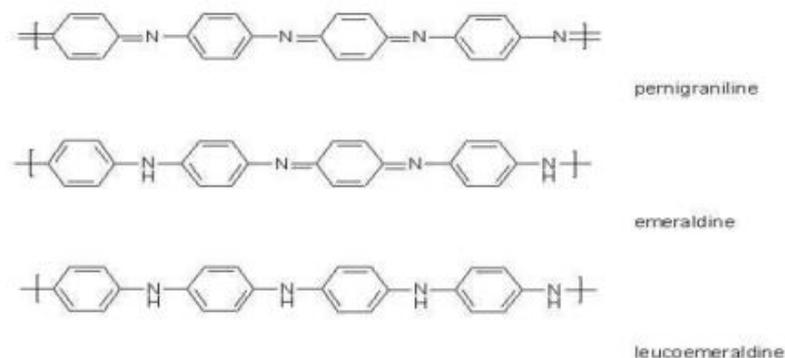
Baru-baru ini penelitian tentang sensor berdasarkan *conducting polimer* dan kompositnya dengan bahan lainnya menunjukkan bahwa polimer konduktor dapat disintesis oleh bahan kimia dan bahkan pendekatan bioteknologi. Namun pada penelitian yang sekarang dilakukan sedikit modifikasi pembuatan MIPs yang bersifat konduktor yang dapat menghasilkan listrik yaitu MICPs. MICPs berfungsi sebagai polimer konduktor yang dibuat dengan cara yang sama dengan pembuatan polimer. Dengan penambahan anilin pada proses pembuatan polimer berongga yang setelah diuji dengan menggunakan *Four Point Probe* (FPP) dapat menghasilkan listrik (Fisika *et al.*, 2008).

Beberapa metode untuk penentuan sintesis lapisan berbasis polimer konduktif dilakukan dengan di doping dan dihilangkan dengan teknik elektrokimia. Dari lapisan penginderaan berbasis polimer konduktif yang berbeda dapat dimodifikasi oleh enzim yang terperangkap protein seperti reseptor, antibodi, dan DNA, untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitasnya. Namun, kelemahan utama dari perangkat penginderaan berdasarkan bahan biologis, stabilitas terbatas dan penggunaan alat yang rumit (Luo *et al.*, 2004). Untuk mengatasi masalah ini, sensor berbasis polimer yang dicetak secara molekuler bersifat konduktor dikembangkan, polimer konduktor menawarkan berbagai solusi teknologi yang diperlukan untuk pengembangan biosensor elektrokimia.

Anilin memberikan keuntungan yang lebih baik untuk membangun sensor kimia dimana spesifisitas, transfer analit yang cepat, dan aliran elektron sangat penting untuk menunjukkan bahwa adanya peluang besar untuk mengeksploitasi MICPs berbasis polimer konduktor yang berbeda untuk sensor elektrokimia.

Molecularly Imprinted Polyaniline (MI-PANI) menunjukkan mekanisme konduksi yang unik pada kinerja analisis dari polianilin, sensor berbasis membran memiliki batas deteksi Film tipis stabil (Azimov *et al.*, 2021). MI-PANI dengan mudah dibentuk pada elektroda kerja melalui metode elektropolimerisasi sederhana, yang sangat penting untuk pengembangan sensor. Kinerja MI-PANI terbatas pada medium asam saja, yang perlu ditingkatkan melalui rekayasa material.

Terdapat berbagai derajat oksidasi dan protonasi dari polianilin. Hal tersebut dapat dilihat dari bentuk dan sifat kimia polianilin. Terdapat tiga bentuk polianilin yaitu Pernigranilin (bentuknya teroksidasi penuh), emeraldin (bentuknya setengah teroksidasi), dan leuokoemeraldin (bentuknya tereduksi penuh). Diantara ketiga polianilin tersebut, emeraldin terprotonasi dihasilkan dari polimerisasi oksidatif anilin. Sehingga emeraldin merupakan polimer yang paling stabil didalam larutan yang dapat mempermudah dalam pembentukan MICPs.



Gambar 9. Bentuk derajat oksidasi polianilin.
(Colin, 1996).

Sensitivitas MICPs merupakan faktor penting untuk membangun sensor performa tinggi. Penggabungan material ke dalam sensor MICPs telah mendorong kemajuan dalam peningkatan sensitivitas karena situs pengikatan spesifik yang terbentuk terutama pada permukaan material serta morfologi yang teratur,

permukaan yang besar, dan stabilitas yang baik dengan keunggulan kekuatan mekanik yang luar biasa, dan konduktivitas listrik (Silva *et al.*, 2021).

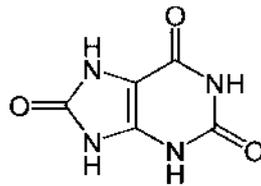
Ketebalan dari lapisan MICPs dari siklus pemindaian yang berbeda. Secara umum, film yang lebih tebal menghasilkan lebih banyak rongga yang dicetak, yang menguntungkan pengenalan target molekul. Namun, jika film MICPs terlalu tebal, maka beberapa rongga yang tercetak dapat terkubur jauh di dalam matriks, dan molekul target sulit untuk mengakses situs aktif karena resistensi perpindahan massa yang terlalu tinggi. Di sisi lain, film MICPs yang terlalu tipis juga akan menghasilkan jumlah rongga tercetak terbatas, sehingga tidak bermanfaat untuk pengenalan molekul target. Oleh karena itu, ketebalan lapisan MICPs yang tepat perlu dioptimalkan (Regasa *et al.*, 2020).

Target bahan seperti ini dapat dibuat dalam berbagai bentuk seperti film dan struktur tiga dimensi. Film MICPs dengan kinerja superior disintesis dengan menggabungkan teknik elektropolimerisasi untuk menyiapkan sensor elektrokimia dan menggabungkan keuntungan dari elektrosintesis dan polimer konduktor tercetak molekul MICPs yang menawarkan elektrokimia sensor dengan sensitivitas dan selektivitas terbaik terhadap analit (Allender *et al.*, 2000).

B. Asam Urat

Asam urat merupakan produk akhir metabolisme purin yang terdiri dari komponen karbon, nitrogen, oksigen dan hidrogen dengan rumus molekul $C_5H_4N_4O_3$. Kadar asam urat tergantung dari jenis kelamin, umur, berat badan, tekanan darah, fungsi ginjal, status peminum alkohol dan kebiasaan memakan makanan yang mengandung diet purin yang tinggi. Kadar asam urat mulai meninggi selama pubertas pada laki-laki tetapi wanita tetap rendah sampai menopause akibat

efek urikosurik estrogen (Zhao *et al.*, 2009). Asam urat akan menjadi masalah saat terjadinya peningkatan kadar asam urat serum di atas batas normal yang dapat menyebabkan hiperurisemia, disebut sebagai hiperurisemia jika kadar asam urat serum laki-laki lebih dari 7,0 mg/dl dan pada perempuan lebih dari 6,0 mg/dl konsentrasi normal kurang dari 420 $\mu\text{mol/L}$. Jika hal ini masih terjadi dalam jangka waktu yang lama maka dapat merusak sendi, jaringan lunak dan ginjal (Dianati, 2015).



Gambar 10. Struktur Asam Urat
(Alderman *et al.*, 2004).

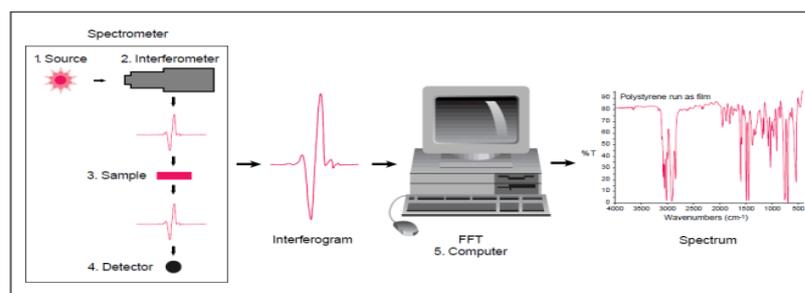
Dari beberapa metode yang sudah pernah digunakan oleh peneliti sebagai bahan penyerapan asam urat seperti metode spektrofotometri, biosensor fluorescent, kromatografi ion, HPLC, voltametri dan kalorimetri. Namun dari metode ini memiliki keterbatasan seperti preparasi sampel yang sulit, biaya yang dibutuhkan tinggi, membutuhkan waktu yang lama, serta kemampuan untuk menyerap analit yang kurang selektif (Usman Ali *et al.*, 2011). Sehingga metode MICPs diharapkan dapat digunakan sebagai metode alternatif sebagai bahan penyerap asam urat.

C. Karakterisasi MICPs

1. FTIR

Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR) merupakan teknik untuk mengkarakterisasi bahan yang diporolehbahan dengan menggunakan spektrofotometer. Getaran teknik spektroskopi relatif sederhana, dapat diproduksi, tidak merusak jaringan, dan sebagian sampel yang diperlukan untuk pengujiannya. Teknik ini juga memberikan informasi tingkat molekuler yang memungkinkan penyelidikan gugus fungsi, jenis ikatan, dan konformasi molekul. Pancaran dari inframerah sering mengacu pada bagian spektrum elektromagnetik yang berada diantara daerah tampak. Informasi yang muncul dari detektor diubah secara digital dan diinformasikan sebagai domain, lalu sinyal tersebut diubah menjadi spektrum IR sederhana (Maiuolo *et al.*, 2016).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian analisa spektrum FTIR menunjukkan karakterisasi spektro inframerah dari MICPs tidak ditemukan adanya puncak serapan oleh gugus N-H, sedangkan MICPs absorpsi menunjukkan intensitas yang tinggi terhadap gugus C-N. Selanjutnya, efek fisik mempengaruhi pita dipol dan ionik seperti O-H, N-H. Dengan kata lain, spektroskopi FTIR disebabkan oleh perubahan momen dipol selama molekul getaran.

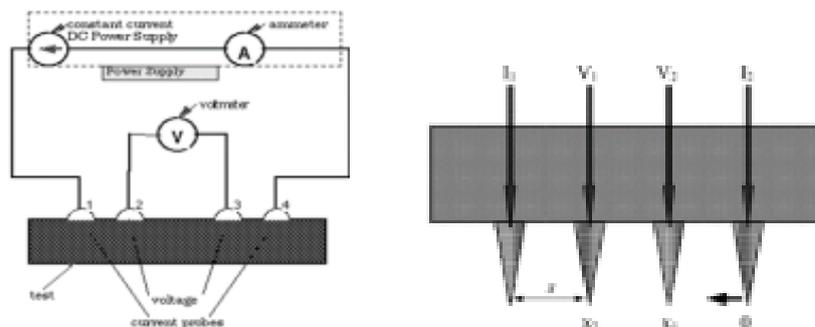


Gambar 11. Skema Instrumen FTIR
(Sumber : Medium.com).

2. Four Point Probe (FPP)

FPP digunakan sebagai salah satu metode untuk penentuan polimer yang bersifat konduktor, merupakan alat yang digunakan untuk mengukur nilai resistivitas lapisan suatu bahan elektronik. Seperti namanya, pengukur ini mengandalkan 4 probe. 2 probe untuk arus listrik dan 2 probe lainnya untuk mengukur tegangan ketika diterapkan pada material (sampel). Untuk menentukan karakteristik material, perlu dilakukan pengukuran nilai resistivitas untuk luas dan ketebalan tertentu. Beberapa parameter lain yang dapat diperoleh dari pengukuran material menggunakan alat ini adalah mengetahui jenis doping suatu bahan semi konduktor (positif dan negatif) dan mobilitas elektron suatu bahan.

FPP memiliki empat titik yang bersentuhan pada permukaan sampel. Keempat titik (probe) tersebut dibuat berjajar dalam satu garis lurus dengan jarak yang sama antar probe. Jika sampel memiliki hambatan, maka akan terjadi penurunan tegangan ketika arus mengalir di sepanjang sampel. Besaran listrik yang menunjukkan kualitas konduktivitas material, seperti tegangan keluaran dan arus keluaran, dapat ditentukan dengan cermat menggunakan metode probe empat titik.



Gambar 12. Skema FPP.
(Waremraet *al.*, 2018).

3. Spektrofotometer UV-VIS

Spektrofotometer UV-VIS ialah gabungan dari spektrofotometer UV dan Visible. Spektrofotometer sinar tampak (UV-VIS) merupakan penghitungan energi cahaya oleh suatu sistem kimia dengan menggunakan panjang gelombang tertentu. Sinar UV memiliki panjang gelombang pada rentangan 200–400 nm untuk sampel yang akan diuji tidak berwarna, sedangkan sinar tampak (visible) memiliki panjang gelombang pada 400-750 nm ini merupakan pengukuran untuk sampel yang memiliki warna (Yildiz et al., 2019). Pengukuran dengan Spektrofotometri UV-Vis ini menggunakan energi elektronik yang cukup besar terhadap molekul yang akan dianalisa. Oleh karena itu, penggunaannya dalam analisa kuantitatif lebih banyak dari pada kualitatif.

4. Easy touch

Easy touch merupakan alat yang digunakan dalam pemeriksaan kesehatan, yang dapat digunakan untuk pemeriksaan kadar gula, kolesterol, dan kadar asam urat didalam tubuh. Dengan bantuan strip saat pengujiannya, warna strip yang digunakan berbeda-beda tergantung pengujiannya, khusus untuk pengujian asam urat strip yang digunakan berwarna kuning. *Easy touch* memiliki banyak kelebihan, satu alat *easy touch* dapat digunakan untuk mengukur beberapa jenis penyakit sesuai dengan warna strip yang digunakan, penggunaan alat yang sangat mudah sering digunakan bagi keluarga untuk pemeriksaan mandiri kadar kolesterol, asam urat, maupun kadar gula dalam darah, dan hasil yang didapat dari proses pengukurannya tidak membutuhkan waktu lama. Sehingga dengan menggunakan alat ini mempermudah dalam proses penelitian untuk penentuan kadar asam urat dalam darah dan kadar asam urat setelah dilakukan perendaman.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis data dapat disimpulkan bahwa :

1. Membran MICPs asam urat hasil sintesis berdasarkan spectra inframerah menunjukkan membran MICPs selektif terhadap molekul asam urat.
2. Kondisi optimum penyerapan pada membran MICPs dapat menyerap molekul asam urat pada pH 7,5 dengan waktu kontak 24 jam pada kapasitas serapan 0,741 mg/g.
3. Membran MICPs asam urat dapat menyerap molekul asam urat dalam darah manusia dengan kapasitas serapan 0,57 mg/g sesuai dengan pH darah.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang didapat maka disarankan :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dari penelitian ini yaitu pengaplikasian membran hasil sintesis ke sensor.
2. Perlu dilakukan penentuan ukuran pori pada MICPs yang dibuat dengan menggunakan template asam urat.
3. Perlu dilakukan sintesis membran MICPs dengan monomer dan template yang lain agar dapat mengidentifikasi berbagai macam molekul.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Malinauskas, J. M. S. and A. R. 2005. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*. 16(5), 51–62.
- Alderman, M., & Aiyer, K. J. v. 2004. Uric acid: role in cardiovascular disease and effects of losartan. *Current Medical Research and Opinion*. 20(3), 15-19.
- Allender, C. J., Richardson, C., Woodhouse, B., Heard, C. M., & Brain, K. R. 2000. Pharmaceutical applications for molecularly imprinted polymers. *In International Journal of Pharmaceutics*. 195.
- Aprilia, S., Koryanti, E., & Royani, I. 2020. Optimasi Ukuran dan Jumlah Pori yang Terbentuk Pada Molacularly Imprinted Polymer (MIP) Nano Karbaril ($C_{12}H_{11}NO_2$). *Positron*. 10(2), 14.
- Asua, J. M. 2004. Highlight Emulsion Polymerization: From Fundamental Mechanisms to Process Developments. *Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry*. 42(3), 1025–1041.
- Azimov, F., Kim, J., Choi, S. M., & Jung, H. M. 2021. Synergistic effects of Fe₂O₃ nanotube/polyaniline composites for an electrochemical supercapacitor with enhanced capacitance. *Nanomaterials*. 11(6), 24-28.
- Brighenti, R., Pancrazio Cosma, M., Marsavina, L., Spagnoli, A., & Terzano, M. 2021. Laser-based additively manufactured polymers: a review on processes and mechanical models. *Journal of Materials Science*. 56.
- Cristallini, C., Ciardelli, G., Barbani, N., & Giusti, P. 2004. Acrylonitrile-Acrylic Acid Copolymer Membrane Imprinted with Uric Acid for Clinical Uses. *Macromolecular Bioscience*, 4(1), 31–38.
- Dianati, N. A. 2015. Gout And Hyperuricemia. *In J Majority*. 4(3), 515–519.
- Fisika, J., & Aplikasinya, D. 2008. Studi Pengaruh Arus Polimerisasi terhadap Konduktivitas Listrik Polianilin yang Disintesis dengan Metode Galvanostatik. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 4(1), 123-126.
- Fouassier, J. P., Allonas, X., & Burget, D. 2003. Photopolymerization reactions under visible lights: Principle, mechanisms and examples of applications. *Progress in Organic Coatings*. 47(1), 16–36.
- Futra, D., Heng, L. Y., Jaapar, M. Z., Ulianas, A., Saeedfar, K., & Ling, T. L. 2016. A novel electrochemical sensor for 17-estradiol from molecularly imprinted polymeric microspheres and multi-walled carbon nanotubes grafted with gold nanoparticles. *Analytical Methods*. 8(6), 1381–1389.
- Han, Q., Wang, X., Yang, Z., Zhu, W., Zhou, X., & Jiang, H. 2014. Fe₃O₄ doped molecularly imprinted polymer membrane based on magnetic field directed self-assembly for the determination of amaranth. *Talanta*. 123.