DESAIN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN *MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER* (MIP) SEBAGAI BAHAN PENYERAP KOLESTEROL

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains

Oleh :
JIHAN NIESA
NIM. 15036068/2015

PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2018

PERSETUJUAN SKRIPSI

DESAIN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN *MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER* (MIP) SEBAGAI BAHAN PENYERAP KOLESTEROL

Nama	: Jihan Niesa
NIM	: 15036068
Program Studi	: Kimia
Jurusan	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2019

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia

Dr. Mawardi, M.Si.
NIP. 19611123198903100

Disetujui oleh:
Dosen pembimbing

Alizar S.Pd, M.Si, Ph.D.
NIP. 197009021998011002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama	: Jihan Niesa
NIM	: 15036068
Program Studi	: Kimia
Jurusan	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

DESAIN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN *MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER* (MIP) SEBAGAI BAHAN PENYERAP KOLESTEROL

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

Padang, Agustus 2019

Tim Penguji	Nama	Tanda tangan
Ketua :	Alizar S.Pd, M.Si, Ph.D.	
Anggota :	Dr. Mawardi, M.Si.	
Anggota :	Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si.	

Desain dan Karakterisasi Membran *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) sebagai bahan Penyerap Kolesterol

Jihan Niesa

ABSTRAK

Molecularly Imprinted Polymer (MIP) adalah suatu polimer yang memiliki rongga kavita (pori) yang selektive dan sensitive terhadap analit target. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakterisasi, pengaruh jumlah kolesterol, waktu penyerapan dan pH larutan kolesterol. Metode pembuatan membran MIP menggunakan photopolimerisasi yang disinari oleh cahaya Ultra Violet (UV) untuk memulai reaksi pempolimeran. Hasil yang diperoleh berbentuk selebaran membran yang transparan dan dapat dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Berdasarkan spectrum FTIR menunjukkan bahwa karakterisasi spectra inframerah dari membran MIP-Ekstraksi tidak ditemukan adanya puncak serapan oleh gugus O-H, sedangkan pada MIP-Re-ekstraksi terdapat puncak serapan di daerah 3540,58 cm^{-1}. Berdasarkan penyerapan optimum membran MIP-kolesterol dapat menyerap molekul kolesterol pada jumlah kolesterol membran MIP 0,06 gram dengan waktu 30 menit dan pH larutan kolesterol 8. Rata-rata efisiensi penyerapan membran MIP-kolesterol dalam darah 0,5782. Hal ini menunjukkan bahwa membran MIP selektif dan sensitive terhadap analit.

Kata kunci : Membran MIP-kolesterol, photopolimerisasi, FTIR dan kolesterol.

Design and Characterization of Membrane Molecularly Imprinted Polymer (MIP) as Cholesterol Absorbent Material

Jihan Niesa

ABSTRACT

Molecularly Imprinted Polymer (MIP) is a polymer that has a cavity (pore) cavity that is selective and sensitive to the target analytes. The purpose of this study was to determine the characterization, the effect of the amount of cholesterol, absorption time and pH of the cholesterol solution. The method of making MIP membranes uses photopolymerization which is illuminated by Ultra Violet (UV) light to start the polymerizing reaction. The results obtained are in the form of transparent membrane leaflets and can be characterized using Fourier Transform Infrared (FTIR). Based on the FTIR spectrum shows that the characterization of infrared spectra from the MIP-Extraction membrane did not reveal any absorption peaks by the O-H group, whereas in MIP-Re-extraction there was an absorption peak in the region of 3540.58 cm-1. Based on the optimum absorption of MIP-cholesterol membrane, it can absorb cholesterol molecules on the amount of MIP membrane cholesterol 0.06 gram with 30 minutes time and pH of cholesterol solution 8. The average absorption efficiency of MIP-cholesterol membrane in blood is 0.5782. This shows that the MIP membrane is selective and sensitive to analytes.

Keywords : MIP-cholesterol membrane, photopolymerization, FTIR and cholesterol.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian yang berjudul "Desain Dan Karakterisasi Membran *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) sebagai Bahan Penyerap Kolesterol". Shalawat dan salam tidak lupa penulis sampaikan kepada Nabi tauladan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Alizar, S.Pd, M.Si, Ph.D sebagai dosen pembimbing.
2. Bapak Hary Sanjaya, M.Si sebagai Ketua Program Studi Kimia FMIPA UNP.
3. Bapak Dr. Mawardi, M.Si. sebagai Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP.
4. Bapak Dr. Mawardi, M.Si. dan Ibu Prof. Dr. Minda Azhar M.si sebagai dosen pembahas.
5. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman kimia tahun 2015 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pembuatan skripsi ini.

Untuk kesempurnaan skripsi maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran penulis haturkan terimakasih.

Padang, 9 Januari 2019

Jihan Niesa

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
KATA PENGANTAR ii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR LAMPIRAN viii
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 4
C. Batasan Masalah 4
D. Tujuan Penelitian 4
E. Manfaat Penelitian 4
BAB II KERANGKA TEORITIS 5
A. Kolesterol ($C_{26}H_{46}O$) 5
B. MIP (Molecularly Imprinted Polymer) 9
C. Proses Polimerisasi (*Photopolimerisasi*) 14
D. Karakterisasi 16
E. Analisa Kolesterol 17
BAB III METODE PENELITIAN 19
A. Waktu dan Tempat 19
B. Subjek dan Objek Penelitian 19
C. Variabel Penelitian 19
D. Tahapan Penelitian Secara Umum 20
E. Alat dan Bahan 20
F. Prosedur Penelitian 20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 25
A. Sintesis Membran MIP-Kolesterol 25
B. Uji Daya Serap membran MIP terhadap Kolesterol dan Optimasinya 28

C. Adsorpsi Kolesterol dalam Sampel Darah 35
BAB V PENUTUP.....36
A. Kesimpulan.....36
B. Saran.....36
DAFTAR PUSTAKA 37
LAMPIRAN.....41

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Struktur Molekul Kolesterol 5

2. Prinsip dasar molekul tercetak polimer.....11

3. Mekanisme potopolimerisasi dengan pembentukan radikal bebas, kation dan anion dari monomer (Fouassier *et al*, 2010 (a) dan yang menggunakan bahan inisiasi (Sperling, 2006) (b).....16

4. Perkiraan tahap polimerisasi asam metakrilat.....26

5. Perkiraan desain sintesis Molecularly Imprinted Polymer.....27

6. Hasil analisa Spektrofotometer infra merah (FTIR) 29

7. Kurva kalibrasi larutan standar kolesterol.....31

8. Kurva efisiensi daya serap membran MIP terhadap variasi jumlah komposisi kolesterol 32

9. Kurva efisiensi daya serap membran MIP terhadap waktu (menit).....33

10. Kurva efisiensi daya serap membran MIP terhadap pH larutan kolesterol.....34

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Sifat Fisika dan Kimia Kolesterol 7

2. Preparasi kurva standar kolesterol dengan reagen Liebermann-Burchard.....22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Skema Kerja Secara Umum 42
2. Prosedur Kerja.....44
3. Pembuatan kurva kalibrasi 48
4. Perhitungan efisiensi daya serap kolesterol 49
5. Dokumentasi penelitian.....52
6. Interpretasi hasil uji karakterisasi instrument FTIR.....54

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini masalah kesehatan telah bergeser dari penyakit infeksi ke penyakit degeneratif, yakni penyakit jantung dan pembuluh darah yang dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya disebabkan oleh hiperkolesterol (Indratni, 2009). Hiperkolesterol merupakan suatu kondisi dimana jumlah kolesterol dalam darah melebihi batas normal akibat ketidak-seimbangan terhadap asupan dari makanan dan sintesis di dalam tubuh. Kolesterol merupakan unsur penting dalam tubuh yang diperlukan untuk mengatur proses kimiawi di dalam tubuh, tetapi kolesterol dalam jumlah tinggi bisa menyebabkan terjadinya aterosklerosis yang akhirnya berdampak pada penyakit jantung koroner (Rebecca, dkk 2014). Kolesterol terbentuk secara alamiah. Dari segi ilmu kimia, kolesterol merupakan senyawa kompleks yang dihasilkan oleh tubuh dengan bermacam-macam fungsi, antara lain untuk membuat hormon korteks adrenal, vitamin D, dan untuk membuat garam empedu yang membantu usus untuk menyerap lemak. Jadi, bila takarannya pas atau normal, kolesterol adalah lemak yang berperan penting dalam tubuh (Sri Nilawati dkk, 2008).

Kolesterol sangat erat kaitannya dengan kesehatan manusia karena apabila kadarnya terlalu tinggi di dalam tubuh dapat menyebabkan berbagai penyakit, seperti jantung coroner, stroke, dan sebagainya. Asupan makanan dengan kandungan kolesterol tinggi yang berlangsung secara rutin berakibat pada peningkatan kadar

kolesterol dalam darah. Penanganan diperlukan untuk mengendalikan kadar kolesterol darah sebagai upaya mencegah terjadinya dampak lebih lanjut dari hiperkolesterol (Oetoro, 2007). Oleh sebab itu, perlu adanya analisa terhadap penentuan kadar kolesterol dalam suatu sampel serum dalam hal mengontrol kesehatan terhadap jumlah kolesterol agar tidak melebihi ambang batas yang menyebabkan dampak negatif terhadap kesehatan, maka diperlukan metoda analisa yang tepat untuk mengukur besarnya kandungan kolesterol dalam suatu sampel darah. Ada beberapa metode analisa kolesterol yang dapat dilakukan yaitu dengan spektroskopi FTIR, dan UV-Visible. Metode spektroskopi FT-IR (Fourier Transform Infrared) merupakan metode analisa karakteristik fisik yang didasarkan pada prinsip vibrasi molekul yang menunjukan adanya gugus fungsi sehingga suatu senyawa dapat teridentifikasi dengan jelas. Spektroskopi FTIR memiliki keunggulan yaitu tidak memerlukan persiapan sampel yang rumit, serta analisis dapat dilakukan lebih cepat sehingga tidak memerlukan waktu yang cukup lama.

Metode analisis kolesterol yang sederhana adalah menggunakan spektrofotometer UV-Visible karena biaya operasional yang rendah dan mudah digunakan. Metode analisis UV-Visible juga memiliki kelemahan yaitu meminimalisasi interferensi matriks terhadap jumlah pelarut yang digunakan cukup banyak yakni dengan menggunakan reagen Lieberman-Burchards (LB) atau disebut metode kalorimetri. Dengan demikian, metode tersebut dapat digunakan dalam *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) yang di desain dalam bentuk padatan membrane transparan dapat mengikat molekul target secara selektif. MIP (*Molecularly Imprinted*

Polymer) merupakan salah satu polimer yang dapat digunakan untuk proses penyerapan (Kerr, 2010). Umumnya metoda yang biasa digunakan masih mempunyai beberapa kelemahan maka diperlukan metode yang lebih sederhana dan biaya yang murah namun tetap memberikan hasil yang akurat terhadap MIP (*Molecularly Imprinted Polymer*). *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) merupakan bahan yang dikenal memiliki kemampuan biomimetik yang berfungsi sebagai peniru antibodi yang bersifat mengikat (Sellergen, 2001). Menurut Krisch dalam jurnal Andrian Saputra dkk (2013), bahwa sintesis MIP dilakukan berdasarkan prinsip polimerisasi yang melibatkan monomer fungsional, molekul taut silang (*crosslinker)*, inisiator sebagai pengaktif reaksi radikal, dan pelarut. Metoda MIP memiliki kemampuan untuk menghasilkan cetakan yang spesifik terhadap analit dalam sampel (Bruggemann, 2002). Pada proses akhir molekul template dilepaskan kembali sehingga membentuk rongga (kavitas) yang mirip dengan molekul template sebagai analit yang kemudian digunakan untuk adsorpsi molekul analit dengan ukuran dan sifat fisik yang sama dengan yang terbentuk (Danielsson, 2008 : 97). MIP mempunyai selektivitas yang tinggi, tahan terhadap pelarut organik, tekanan, dan suhu yang tinggi (Schweiger, 2009).

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang ”**Desain dan Karakterisasi Membran *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) sebagai Bahan Penyerap Kolesterol**” Pada penelitian ini MIP di desain dalam bentuk membran dengan mereaksikan template kolesterol dengan *monomer*, *crosslinker*, dan *inisiator* yang difotopolimer dengan UV-Visible.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakterisasi kolesterol-membran MIP hasil sintesis?
2. Bagaimana kondisi optimum daya serap membran MIP terhadap kolesterol?
3. Bagaimana daya serap membran MIP terhadap kolesterol dalam darah?

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

Agar peneliti ini lebih terfokus, maka peneliti membatasi masalah yaitu mensintesis bahan membran MIP (Molecularly Imprinted Polymer) sebagai bahan penyerap kolesterol dan karakterisasi serta daya serapnya.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan karakterisasi kolesterol- membran MIP hasil sintesis.
2. Menentukan daya serap optimum membran MIP terhadap kolesterol dalam darah.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian adalah :

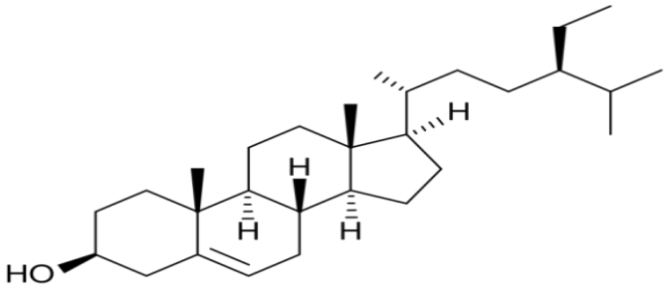
1. Memberikan informasi mengenai metode sintesis membran MIP dengan metode photopolimerisasi sebagai bahan penyerap kolesterol dalam darah.
2. Sebagai bahan rujukan untuk peneliti berikutnya terkait dengan membran MIP.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Kolesterol ($C_{26}H_{46}O$)

Kolesterol merupakan suatu bahan metabolit yang mengandung lemak sterol *(waxy steroid)* yang ditemukan pada membran sel dan disirkulasikan dalam plasma darah. Kolesterol merupakan sejenis lipid berupa molekul lemak ataupun yang menyerupainya dan memiliki rumus molekul $C_{27}H_{46}O$. Kolesterol adalah lemak berwarna putih dan seperti lilin yang diproduksi oleh tubuh manusia terutama di dalam hati. Kolesterol berperan dalam memproduksi hormon, vitamin D dan empedu untuk keberlangsungan metabolisme tubuh akan tetapi kolesterol juga dapat membahayakan tubuh, tergantung dari seberapa banyak kadar kolesterol yang terdapat di dalam tubuh (Almatsier, 2009). Salah satu contoh gangguan atau penyakit yang disebabkan oleh kolesterol ialah Hiperkolesterol(kadar kolesterol berlebih). Hiperkolesterol merupakan penyakit akibat ketidak-seimbangan asupan kolesterol dari makanan dan sintesis di dalam tubuh. Penyakit ini memiliki ciri ciri dengan kenaikan kadar kolesterol melebihi ambang batas normal di dalam tubuh .

Struktur dari senyawa kolesterol (5-Cholesten-3-beta-ol)



Gambar 1. Struktur Molekul Kolesterol

Prevalansi hiperkolesterol di indonesia yang dilaporkan oleh world heart organization (2003) memaparkan bahwa tingkan kejadian hiperkolesterol di indonesia sebesar 3,8% pada usia 25-35 tahun, 4,4% pada usia 36 – 45 tahun, 8% pada usia 46-55 tahun, dan 25% pada usia 56-65 tahun, Hiperkolesterol telah dilaporkan menjadi penyebab penyakit jantung koroner (PJK) dengan tingka kejadian sebesar 4,4 juta atau 18% di seluruh dunia (Lampe *et al*, 2005), dan akumulasi kolesterol yang tinggi dalam darah berhubungan erat dengan beragam penyakit seperti jantung koroner, pengapuran pembuluh darah, dan stroke (Rozner dan Garti, 2006). Maka analisis kolesterol dalam tubuh harus dikontrol secara rutin, agar tidak menimbulkan beberapa dampak negatif terhadap tubuh. Apabila kolesterol normal pemeriksaan selanjutnya cukup dilakukan setahun sekali, jika kolesterol cukup tinggi pemeriksaan harus dilakukan setiap tiga bulan sekali untuk mengevaluasi semua upaya pengendalian yang dilakukan selama ini. Bila perlu pemeriksaan diulang setiap bulan, apabila kadar kolesterol sangat tinggi (Anderson, 1990).

Berdasarkan sifat kimia dan fisika kolesterol dapat larut dalam pelarut lemak, misalnya eter, kloroform, benzena, alkohol panas dan asetonitril. Koleterol berbentuk kristal tak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau apabila terdapat dalam konsentrasi yang tinggi, kemudian mempunyai titik lebur 150^0C – 151^0C (Poedjiadi, 2006). Kolesterol mempunyai struktur organik dengan berat molekul 386 gram/mol dan memiliki 27 atom karbon, dimana 17 diantaranya tergolong kepada empat cincin yang tergabung, dua termasuk kepada kelompok metil bersegi yang lengket pada pertemuan cincin AB dan CD.

Kolesterol tersusun oleh karbon hidrogen dan karbon, dengan kelompok hidroksil soliter berlekatan pada C3.Kolesterol juga hampir jenuh secara sempurna, memiliki hanya satu ikatan ganda C5 dan C6 (Dominiczak dan Wallace, 2009).

Tabel 1. Sifat fisika kimia kolesterol

Parameter	Hasil
Warna	Putih
Bentuk	Padat (bubuk kristal)
Berat molekul	386,67 g/mol
Rumus molekul	$C_{27}H_{46}O$
Titik didih	360^0 C (680^0 F)
Titik lebur	148^0 C ($298,4^0$ F) – (150^0 C)
Kelarutan dalam air	Sangat sedikit larut dalam air dingin. Sedikit larut dalam alkohol, lebih larut dalam alkohol panas .Larut dalam dietil eter, asetonitril, kloroform, piridin, benzena, petroleum eter, dan minyak, lemak.

(www.sciencelab.com).

Sumber dari kolesterol tubuh merupakan hasil dari sintesis kolesterol pada sel-sel tubuh, terutama hati, dan juga dari asupan diet terutama produk hewani seperti, putih telur, daging merah, dan mentega (Sherwood, 2001).Kolesterol yang terdapat dalam tubuh manusia berasal dari dua sumber utama yaitu dari makanan yang dikonsumsi dan dari pembentukan oleh hati. Kolesterol merupakan bahan antara pembentukan sejumlah steroid penting, seperti asam empedu, asam folat,

hormon-hormon adrenal korteks, estrogen, androgen dan progesteron (Almatsier,2009). Bila asupan kolesterol tidak mencukupi, sel hati akan memproduksinya. Dari hati, kolesterol diangkut oleh lipoprotein yang bernama LDL (*low density lipoprotein*) untuk dibawa ke sel-sel tubuh yang memerlukan termasuk sel otot, jantung, otak, dan lain-lain agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Kelebihan kolesterol akan diangkut oleh lipoprotein yang disebut HDL (*high density lipoprotein*) untuk dibawa ke hati yang selanjutnya akan diuraikan lalu dibuang ke dalam kantung empedu sebagai asam (cairan) empedu (Garnadi,2012).

Dalam tubuh, kolesterol ditransportasikan melalui plasma darah dengan cara berkaitan dengan protein. Ikatan ini disebut dengan lipoprotein. Terdapat dua jenis utama dari lipoprotein, yaitu sebagai berikut (Mumpuni dan Wulandari, 2011):

1. Low Density Lipoprotein (LDL). Jenis kolesterol ini sering disebut sebagai kolesterol jahat. Kolesterol LDL mengangkut kolesterol paling banyak di dalam darah. Tingginya kadar kolesterol LDL menyebabakan pengendapan kolesterol dalam arteri. Kolesterol LDL merupakan faktor resiko utama penyakit jantung koroner (Nurrahmani, 2012).
2. High Density Lipoprotein (HDL). Kolesterol HDL mengangkut kolesterol lebih sedikit dari pada LDL dan sering disebut kolesterol baikkarena dapat membuang kelebihan kolesterol jahat di pembulih darah arteri kembali ke hati, untuk proses dibuang. HDL mencegah kolesterol mengendap di arteri dan melindungi pembuluh datah dari proses aterosklerosis (Nurrahmani, 2012).

B. MIP (*Molecularly Imprinted Polymer)*

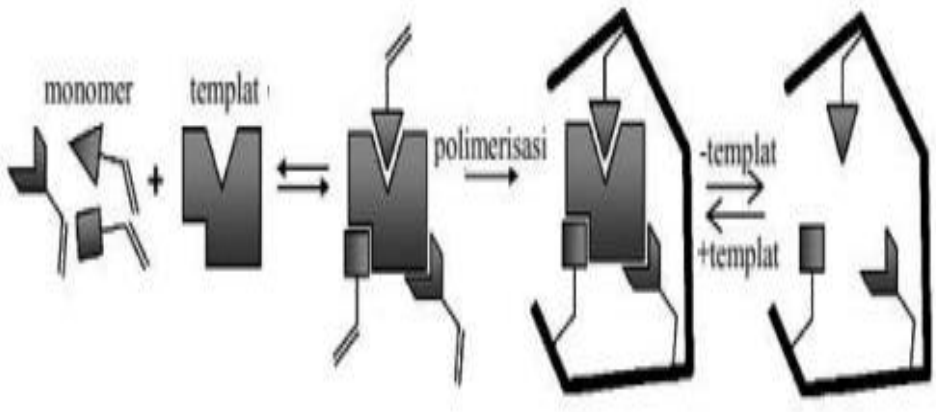
Molecularly Imprinted Polimer (MIP) pertama kali diperkenalkan oleh Wulff dan Sarhan (1972) sebagai teknologi pencetak molekul. Pada tahun 1980 kemudian dikembangkan oleh Mosbach (Arshady dan Moshbach, 1981) dan kawan kawan (Andersson *et al.,* 1984). MIP memiliki keunggulan yaitu dengan menunjukkan selektivitas, afinitas, stabilitas yang tinggi, dan kemudahan dalam melakukan preparasi (Piletsky *et al.,* 2006). Peningkatan selektivitas bisa dilakukan dengan menggunakan metode polimer cetakan molekul (MIP). Selektivitas merupakan salah satu tujuan utama dalam mensintesis transpor untuk daya serap. MIP merupakan polimer yang dapat digunakan sebagai pengenalan yang selektif terhadap molekul target. Dalam pembentukan MIP, molekul target bertindak sebagai substrat yang berikatan dengan monomer bergugus fungsi di dalam suatu pelarut (Tsai, 2005).

MIP merupakan suatu polimer yang mempunyai rongga atau pori akibat pembuangan *template,* dimana rongga tersebut nantinya dapat berfungsi untuk mengenali molekul target dengan struktur dan sifat yang sama dengan rongga tersebut. Menurut Krisch dalam jurnal Andrian Saputra dkk (2013), bahwa sintesis MIP dilakukan berdasarkan prinsip polimerisasi yang melibatkan monomer fungsional, *crosslinker*, inisiator, dan pelarut. Kemudahan dalam preparasinya menjadikan MIP sebagai salah satu bidang penelitian yang patut untuk dikembangkan. Keuntungan utama dari MIP adalah mempunyai selektifitas yang tinggi untuk *template* yang digunakan dalam prosedur pencetakan, selain itu MIP juga lebih murah disintesis.

Kebutuhan akan MIP dipandang perlu, mengingat dapat digunakan dalam berbagai analisis kimia khususnya bahan pangan dan kesehatan. Pada bidang kimia analitik merupakan area pengembangan utama bagi MIP. MIP juga telah terkenal di beberapa negara, banyak sudut atau celah untuk pengembangan aplikasi MIP. Kemudahan dalam preparasinya menjadikan MIP sebagai salah satu bidang penelitian yang patut untuk dikembangkan. Mekanisme dan prinsip kerja MIP hampir sama dengan proses-proses biologis yang ada dimana struktur suatu senyawa yang khas hanya akan cocok dengan target alaminya (tamplatenya), seperti antibodi dengan antigennya, enzim dengan substratnya atau reseptor hormone dengan hormonnya.

Keuntungan utama dari MIP adalah mempunyai selektifitas yang tinggi untuk *template* yang digunakan dalam prosedur pencetakan, selain itu MIP juga lebih murah disintesis, rekognisi struktur berprinsip tailor-made, prosedur pembuatannya yang sederhana dan bersifat inert (Cheng dkk., 2014). MIP pada saat ini dijadikan sebagai pusat perhatian di bidang analitik di mana MIP merupakan material yang kompeten untuk rekognisi secara molecular terutama pada sensor kimia (Riskin dkk., 2011). Menurut Krisch dalam jurnal Andrian Saputra dkk (2013:4), bahwa sintesis MIP dilakukan berdasarkan prinsip polimerisasi yang melibatkan monomer fungsional, *crosslinker*, inisiator, dan pelarut yang sesuai. Campuran untuk memulai proses polimerisasi campuran tersebut di sonikasi agar homogen. Sonikasi adalah suatu teknik yang memanfaatkan gelombang ultrasonic yang memiliki frekuensi diatas 20 kHz. Campuran tersebut disinari dengan cahaya ultraviolet untuk memulai inisiasi radikal dengan menggunakan instrument photopolimer.

Menurut (Yan dan Row, 2006) dalam jurnal Andrian Saputra dkk (2013: 5), bahwa mekanisme sintesis MIP dilakukan dengan mencampurkan molekul target pada bahan polimer yang pada akhir proses template akan dilepaskan kembali sehingga menghasilkan polimer dengan rongga yang secara bentuk, ukuran ,dan susunan kimia mirip dengan molekul template. Tahapan pembentukan MIP dapat ditunjakkan oleh gambar berikut (Komiyama et,al 2003).



Gambar 2. Prinsip dasar polimer tercetak molekul (Sellergen dan Allender, 2005)

Dalam proses pembuatan MIP terdapat dua macam interaksi antar molekul yaitu interaksi kovalen dan interaksi non kovalen. Pendekatan interaksi kovalen monomer fungsional dan template terikat satu sama lain oleh ikatan kovalen. Kemudian mengalami polimerisasi di bawah kondisi normal. Setelah polimerisasi, ikatan kovalennya terpecah dan template dihilangkan dari polimer, sehingga terbentuklah sisi yang dapat mengikat template kembali. Kelemahan interaksi kovalen yaitu pelekatan dan pelepasan kembali dari gugus tamunya memakan waktu yang lama. Sedangkan teknik non-kovalen, dengan sendirinya template berinteraksi dengan monomer fungsional. Interaksi yang termasuk dalam interaksi non kovalen yaitu gaya Van der Waals, interaksi elektrostatik, dan ikatan hidrogen.

Interaksi non-kovalen memiliki kelemahan yaitu konjugat monomer dan template-nya tidak stabil dan tidak stokiometris, kondisi polimerisasinya harus dipilih dengan cermat, dan membutuhkan monomer yang berlebih. Namun teknik ini merupakan teknik pencetakan yang cepat dan paling umum digunakan karena sintesis monomer-template kovalennya tidak perlu dilakukan, template sangat mudah dihilangkan dari polimer dan pelekatan dan pelepasan kembali gugus tamunya sangat mudah (Komiyama dkk, 2003).

Pada umumnya, pencetakan melalui interaksi non kovalen lebih mudah terbentuk. Namun jika di tinjau dari kekuatan pencetakan pendekatan kovalen jauh lebih baik dibandingkan non kovalen (Komiyama *et al*., 2003). Proses ekstraksi molekul dilakukan dengan eksrtraksi pelarut sederhana dan meghasilkan situs yang pengikat spesifik yang memiliki kemampuan untuk mengikat molekul target dengan interaksi yang sama. Interaksi non kovalen digunakan secara umum untuk interaksi antara molekul template dengan monomer fungsional. Berdasarkan perolehan energi interaksi, dalam MIP non kovalen monomer fungsional yang mampu berinteraksi melalui ikatan hidrogen lebih disukai dari pada interksi non kovalen selain ikatan hidrogen (Riahi dkk, 2010).

Monomer fungsional berikatan secara langsung dengan molekul tamplate, sehingga dibutuhkan monomer yang cocok, sehingga kriteria pemilihan harus didasarkan pada kekuatan interaksi komplek yang dihasilkan. Beberapa penelitian membuktikan penggunaan monomer asam metakrilat (MAA) baik digunakan sebagai monomer fungsional bagi molekul tamplate yang memiliki situs aktif moderat polar (Jin dan Kyung, 2005; Yan dan Row, 2006; Khan dkk, 2012). Asam

metakrilat merupakan salah satu monomer fungsional sebagai penunjang dalam sintesis MIP, asam metakrilat mempunyai rumus molekul $C_4H_6O_2$ salah satu komponen organik yang dapat larut dalam air dengan massa molar rata-rata relative (Mr) sebesar 86 g/mol. Asam metakrilat (MAA) merupakan salah satu monomer yang banayk digunakan dalam pembuatan MIP, monomer ini bersifat asam dan dapat mendonorkan proton pada gugus karboksilat (C=O) sehingga dapat berinteraksi melalui ikatan hidrogen (Bronsted-Lowry) sehingga dapat menyerap molekul target.

Berdasarkan kajian tersebut diharapkan molekul tamplate yang berinteraksi dengan monomer fungsional tidak akan mudah lepas ketika terperangkap dalam situs pengikatan spesifik MIP, Kim dan Guiochou (2005) melakukan penelitian dengan membandingkan sifat termodinamika, MIP memperlihatkan jenis situs pengikatan pada permukaan polimernya. Situs pengikat berenergi tinggi atau situs pengikatan spesifik, pada MIP hanya mengadsorpsi molekul yang dicetak atau molekul template.Situs pengikatan dengan energy intermediet pada MIP dapat mengadsorpsi molekul tamplate. Situs pengikatan dengan energi paling rendah pada MIP akan menghasilkan interaksi non selektif bagi molekul tamplate. *Non imprinted polymer* (NIP) adalah suatu polimer kontrol dimana proses sintesisnya sama dengan MIP namun tidak melibatkan molekul tamplate. Pada NIP, hanya melibatkan dua situs yaitu situs pengikatan dengan energi tinggi pada NIP mempunyai energi yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan pengikatan intermediet yang berada pada MIP, dan energy pengikatan dengan rendah pada NIP memiliki sifat yang mirip dengan situs pengikatan dengan energy terendah.

C. Proses Polimerisasi (*Photopolimerisasi*)

Polimer merupakan makromolekul yang tersusun secara berulang dari molekul kecil dan sederhana. Penyusun tersebut dapat secara linier atau bercabang (Nicholson, 2006). Unit pengulangan dalam polimer setara atau hampir setara dengan monomer penyusunnya. Panjang rantai polimer detentukan oleh jumlah unit pengulangan dalam rantai yang disebut sebagai derajat polimerisasi (Bilmeyer, 1984).

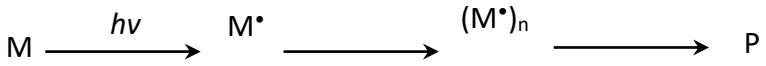
Proses penggabungan (polimerisasi) digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu polimerisasi kondensasi dan polimerisasi adisi. Polimerisasi kondensasi mempunyai kesamaan dengan reaksi kondensasi yang terjadi pada zat bermassa molekul rendah. Pada polimerisasi kondensasi terjadi reaksi antara dua molekul yang mengandung dua gugus fungsi atau lebih yang dapat bereaksi dan memeberikan satu molekul besar. Dalam polimerisasi kondensasi disertai terbentuknya molekul kecil seperti H_2O (Cowd, 1991). Polimerisasi adisi melibatkan reaksi rantai. Penyebab reaksi rantai dapat berupa radikal bebas (partikel relatif yang mengandung elektron tak berpasangan) atau ion. Polimerisasi adisi terjadi khusus pada senyawa yang mempunyai ikatan rangkap (Cowd, 1991).

Pempolimeran dengan metode potopolimerisasi adalah menggunakan cahaya *Ultra-Violet* (UV) untuk mengaktifkan monomer menjadi radikal bebas atau ion untuk memulai terjadinya reaksi pempolimeran. Proses pempolimeran dari molekul monomer atau oligomer dilakukan dengan menyinari bahan polimer dengan cahaya ultra violet (UV) (Fouassier *et al*. 2003) seperti yang ditunjukkan pada Gambar Kelebihan metode ini adalah lebih cepat dan mudah untuk dikendalikan, biaya

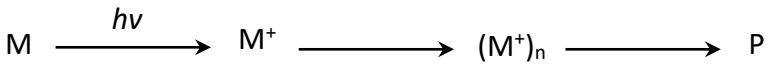
rendah dan ramah lingkungan (Khor *et al*. 2006). Dasar dari pempolimeran dengan metode potopolimerisasi adalah terjadinya penyerapan cahaya oleh monomer apabila disinari dengan cahaya UV sehingga menghasilan beberapa jenis monomer aktif seperti radikal bebas, kation dan anion.Monomer aktif ini bergabung secara ikatan kimia untuk membentuk rantai polimer (Fouassier *et al*. 2003).Untuk memudahkan terjadinya reaksi pempolimeran, kepada monomer perlu ditambahkan bahan inisiasi yang sensitif terhadap cahaya UV.

Bahan inisiasi akan membentuk radikal bebas dengan mudah jika disinari dengan cahaya UV dan seterusnya bereaksi dengan monomer untuk membentuk radikal bebas pada monomer. Seterusnya reaksi antara radikal bebas monomer akan membentuk polimer. Contoh bahan inisiasi yang telah digunakan untuk sintesis polimer dengan metode fotopempolimeran adalah 2,2-dimetoksi-2-fenilasetofenon (DMPP) (Alizar et al. 2011, 2012, 2014a, 2014b, Dedi et al. 2016).

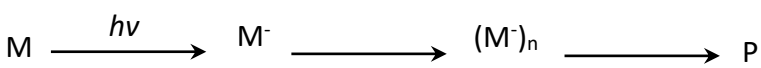
Pempolimeran radikal:



Pempolimeran kation:



Pempolimeran anion:



(a)

$$I \xrightarrow{h\nu} R\cdot$$

$$R\cdot + M \rightarrow RM\cdot \xrightarrow{M} RMM\cdot \ldots \rightarrow RM_n \quad \text{(b)}$$

Gambar 3. Mekanisme potopolimerisasi dengan pembentukan radikal bebas, kation dan anion dari monomer (Fouassier *et al*, 2010 (a) dan yang menggunakan bahan inisiasi (Sperling, 2006) (b).

D. Karakterisasi MIP

Struktur polimer pada MIP harus kaku agar bentuk situs pengikatan tidak berobah setelah penghilangan molekul tamplate. MIP memiliki bentuk fisik padatan diperlukan beberapa metode agar mendapatkan hasil yang optimal. Salah satu metode yang dapat menganalisa karakteristik fisik MIP yaitu dengan spektroskopi FT-IR. Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan metode yang sangat berguna dan sesuai untuk analisis polimer. Didasarkan pada prinsip vibrasi molekul yang terjadi di daerah infrramerah dan spektrum elektromagnetik dan gugus fungsi, serta mempunyai ciri frekuensi yang khas. Jika sinar infra merah dilewatkan pada sampel (polimer) maka beberapa frekuensinya akan diabsorp, sedangkan frekuensi lainnya ditransmisikan.Frekuensinya berkisar antara 2,5-16µm, tetapi umumnya spektroskopi IR yang digunakan dari panjang gelombang dengan kisaran 4000-625cm^{-1} sebagai contoh vibrasi pada panjang gelombang 2900cm^{-1} muncul regangan C-H yang menunjukkan adanya gugus alkana, pada panjang gelombang 3310-3500cm^{-1} (Daintith, 1994: 230). Energi IR tidak mampu mengekskresikan elektron melainkan mampu mengekskresikan molekul-molekul bervibrasi dan berotasi. Kelebihan dari FTIR mencakup persyaratan ukuran sampel yang kecil, perkembangan spektrum yang cepat, dan

karena FTIR mempunyai komputer yang terdedikasi sehingga mampu untuk menyimpan dan memanipulasi spektrum. Pada penelitian ini digunakan FTIR karena spektrum-spektrum dapat di-*scan*, disimpan dan ditransformasikan dalam hitungan detik. Spektrum IR yang diperoleh dapat digunakan untuk analisis secara kualitatif dalam mengkarakterisasi senyawa polimer.

E. Analisa Kolesterol

Beberapa metode analisa kolesterol yang biasa dilakukan dengan UV-Visible, Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) dan lain sebagainya. Metoda analisa KCKT merupakan salah satu metoda analisis yang baik dimana proses pemisahan dan pengukuran kuantitatif maupun kualitatif pada metode ini dapat dilakukan secara simultan sehingga hasil lebih efesien. Metoda KCKT tersebut memerlukan waktu yang lama dalam melakukan analisis, preparasi sampel yang rumit dan biaya yang tinggi. Metode analisis kolesterol yang sederhana adalah menggunakan spektrofotometrer UV-Visible karena biaya operasional yang rendah dan mudah digunakan. Prinsip spektrofotometri UV-Visible adalah cahaya yang berasal dari sumber cahaya diuraikan menggunakan prisma sehingga diperoleh cahaya monokromatis yang dapat diserap oleh zat yang akan diperiksa. Cahaya monokromatis merupakan cahaya satu warna yang mempunyai satu panjang gelombang. Setiap molekul akan menyerap energi yang berbeda-beda sehingga spektrum absorbansinya dapat digunakan untuk analisa kualitatif. Sedangkan jumlah radiasi yang diabsorbsi sebanding dengan jumlah molekul sehingga spektra absorbsinya dapat digunakan untuk analisa kuantitatif (Hardjono, 1991:22). Senyawa yang tidak berwarna diukur pada panjang gelombang 200 sampai 400 nm

dan senyawa yang berwarna pada panjang gelombang 400 sampai 700 nm (Harborne, 1987:21). Absorbsi molekul pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada berapa kuat elektron itu terikat dalam suatu molekul. Dipilih metode kalorimetri sebagai pelarut senyawa berwarna dalam analisis kolesterol pada spektrofotometri UV-Visible.

Metode kalorimetri merupakan metode yang menggunakan dua jenis larutan pereaksi yang disebut dengan reagen Lieberman-Burchards (LB). Lieberman-Burchards pertama kali ditemukan oleh Lieberman pada tahun 1885 dan tidak lama kemudian oleh Burchards digunakan untuk analisis kolesterol menggunakan asam asetat, asam sulfat, dan asam anhidrida. Pereaksi Lieberman-Burchards mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan metode lain. Keuntungan metode ini antara lain prosedur pelaksanaanya relatif mudah, hanya menggunakan satu pereaksi warna dan pemeriksaan bisa dilakukan secara langsung, pereaksi yang digunakan stabil selama 2 minggu pada suhu kamar dan 4 minggu di dalam lemari es.

Metode Liberman-Burchards pada prinsipnya menggunakan alat spesifik berupa spektrofotometer. Prinsip reaksi Lieberman-Burchard yaitu berdasarkan sifat kolesterol yang dapat bereaksi dengan asam kuat membentuk senyawa kolestapoliena yang berwarna hijau biru. Kadar senyawa kolestapoliena ini dapat diukur secara kolorimetri atau spektofotometri. Metode kalorimetri atau spektrofotometri merupakan metode yang menggunakan dua jenis larutan pereaksi yang disebut dengan reagen Lieberman-Burchards (LB) yang menggunakan alat spesifik berupa spektrofotometer UV-Vis (Astuti, 2010).

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakter membran MIP-kolesterol hasil sintesa berdasarkan spectra inframerah menunjukkan bahwa membran MIP selektif terhadap molekul kolesterol.
2. Kondisi optimum adsorpsi pada membran MIP-kolesterol dapat menyerap molekul kolesterol dengan komposisi kolesterol sebanyak 0,06 gram dalam waktu 30 menit dengan pH larutan kolesterol 8.
3. Membran MIP-kolesterol dapat menyerap molekul kolesterol darah manusia dengan efisiensi daya serap 0,5782 mg/dL.

B. SARAN

1. Perlu dilakukan sintesis membran MIP dengan monomer dan template yang lain sehingga dapat mengidentifikasi berbagai macam molekul.
2. Perlu dilakukan pemilihan pelarut untuk ekstraksi template yang tepat sehingga rongga yang terbentuk lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Adrian Saputra, dkk. 2013. Penggunaan Metode Semi Empirik AM 1 untuk Pemilihan Monomer Fungsional Efektif pada Prasintesis Polimer Tercetak Drazinon. Vol 3 No 1. Hal: 1-9.

Alizar, U., Lee, Y.H., & Musa, A. 2011. A Biosensor for Urea from Succinimide-Modified Acrylic Microspheres Based on Reflectence Transduction. *Sensors 2011, 11*, 8323-8338; doi : 10.3390/s110908323.

Alizar, U., Lee, Y. H., Sharina, A. H., & Tan, L. L. 2012. An Electrochemical DNA Microbiosensor Based on Succinimide-Modified Acrylic Microspheres. *Sensors 2012*, 12, 5445-5460; doi : 10.3390/s120505445.

Alizar, U., Lee, Y. Heng., Musa, A., Han-Yih, Lau., Zamril, I., Tan, L. L., et al. 2014. Single-step and reagentless analysis of genetically modified soybean DNA with an electrochemical DNA biosensor. Anal Methods, 2014, 6, 6369; doi : 10.1039/c4ay00881b.

Almatsier, S., 2009.*Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.

Andersson, L., Sellergren, B. and Mosbach, K. 1984. *Imprinting of amino acid derivatives in macroporous polymers*. Tetrahedron Letter 25: 5211-5214.

Arshady, R. dan Mosbach, K., 1981, *Synthesis of Substrate-Selective Polymers by Hostguest Polymerization*. Macromol. Chem. Phys., 182, 2, 687-692.

Astuti dan A. Rahmawati. 2010. *Asimilasi Kolesterol dan Dekonjugasi Garam Empedu oleh Bakteri Asam Laktat (BAL) dari Limbah Kotoran Ayam Secara In Vitro.* Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Jurusan Pendidikan Pendidikan Biologi FMIPA UNY.

Billmeyer, F.W. 1984. *Textbook of Polymer Science*. Third Edition. New York: John Wiley and Sons

Bruggemann, O., 2002. *Molecularly Imprinted Materials-Receptors More Durable Than Nature Can Provide*, Springer-Verlag Heidelberg,Berlin, Germany.

Cheng, Y., Jiang, P., Lin, S., Li, Y., dan Dong, X., 2014, An Imprinted Fluorescent Chemsensor Prepared Using Dansyl-modified β-cyclodextrin as the Functional Monomer for Sensing of Cholesterol wth Tailor-made Selective, Sebsor.*Actuat. B-Chem.,* 193, 838-843.