

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER BERCETAKAN  
MOLEKUL MENGGUNAKAN MONOMER METIL METAKRILAT  
KOMBINASI PENGIKAT SILANG TRIMETILPROPAN  
TRIMETAKRILAT SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MOLEKUL  
DIBUTILFTALAT**

**MAGHFIRAH SULAIMAN**

**H031 18 1501**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER BERCETAKAN  
MOLEKUL MENGGUNAKAN MONOMER METIL METAKRILAT  
KOMBINASI PENGIKAT SILANG TRIMETILPROPAN  
TRIMETAKRILAT SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MOLEKUL  
DIBUTILFTALAT**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh

**MAGHFIRAH SULAIMAN**

**H031181501**



**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER BERCETAKAN  
MOLEKUL MENGGUNAKAN MONOMER METIL METAKRILAT  
KOMBINASI PENGIKAT SILANG TRIMETILPROPAN  
TRIMETAKRILAT SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MOLEKUL  
DIBUTILFTALAT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MAGHFIRAH SULAIMAN**

**H031 18 1501**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi  
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Pada 22 Agustus 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**

**Dr. St. Fauziah, M.Si.**  
NIP. 19720202 199903 2 002

**Pembimbing Pertama**

**Prof. Dr. Paulina Taba, M.Phil, Ph.D**  
NIP. 19571115 198810 2 001

**Ketua Program Studi**

**Dr. St. Fauziah, M.Si.**  
NIP. 19720202 199903 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Maghfirah Sulaiman  
NIM : H031181501  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul "Sintesis dan Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul menggunakan Monomer Metil Metakrilat Kombinasi Pengikat Silang Trimetilpropan Trimetakrilat sebagai Adsorben untuk Molekul Dibutilftalat" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 22 Agustus 2022

Yang Menyatakan,

  
Maghfirah Sulaiman

## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim,*

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan hidayahnya, tak lupa juga kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sintesis dan Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul menggunakan Monomer Metil Metakrilat Kombinasi Pengikat Silang Trimetilpropan Trimetakrilat sebagai Adsorben untuk Molekul Dibutilftalat**” sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa betapa banyaknya hambatan dan beratnya menyelesaikan tugas ini. Tugas ini tidak akan selesai tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada:

1. ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** selaku pembimbing utama dan ibu **Prof. Paulina Taba, M.Phil.,Ph.D.** selaku pembimbing pertama yang selama ini telah banyak meluangkan waktu, dengan sabar memberikan ilmu, pemikiran, motivasi, serta bimbingan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian maupun proses penyelesaian skripsi ini.
2. tim penguji sarjana, ibu **Prof. Dr Nunuk Hariani Soekanto, MS** selaku ketua penguji dan bapak **Dr. Maming, M.Si** selaku sekretaris penguji, terima kasih atas saran dan masukannya. Semoga selalu diberkahi oleh Allah SWT.

3. ibu koordinator seminar **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** dan ibu **Dr. Rugaiyah A. Arfah, M.Si** yang telah banyak memberikan arahan dan masukan untuk penulis.
4. ketua Departemen Kimia, ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan sekretaris Departemen Kimia, ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si**, serta seluruh dosen Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin yang telah membagi ilmu kepada penulis selama menempuh pendidikan. Semoga selalu diberkahi oleh Allah SWT.
5. para staf dan seluruh analis Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, terkhusus **Pak Iqbal**, selaku analis Laboratorium Kimia Fisika dan Laboratorium Kimia Terpadu (UV-Vis) serta **ibu Tini**, selaku analis Laboratorium Kimia Terpadu (FTIR) yang telah sabar mendengar keluh kesah penulis selama penelitian.
6. teristimewa kedua orang tua penulis ayahanda **Sulaiman** dan ibunda **Kartini** atas segala perhatian, kasih sayang, waktu, materi, pengorbanan, motivasi serta do'a yang tulus yang tiada henti kepada penulis. Adik penulis **Nurhasanah** yang juga selalu menemani, membantu, dan menjadi teman cerita, serta seluruh keluarga penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang senantiasa memberikan dorongan kepada penulis.
7. teman-teman seangkatan **Kimia 2018**, terkhusus saudara-saudariku **Hibridisasi 2018** yang selalu memberi cerita, membantu, dan menghiiasi perkuliahan.
8. **Marlina** selaku partner penelitian dan teman seperjuangan menyelesaikan tugas akhir, teman diskusi yang selalu membantu, menemani, melewati suka

duka mengurus sana sini serta lainnya.

9. teman-teman **Semangat, Anti, Hira, Marlin, Oee, Rindi** yang kebersamai selalu, tempat mengeluarkan keluh kesah, tempat bercerita, yang selalu membantu dan menemani selama jadi anak rantau.
10. kakak-kakak, teman-teman satu lab penelitian terkhusus **Polimer Squad** untuk saran dan bantuannya selama ini.
11. teman angkatan 2018 di **KM FMIPA Unhas** untuk segala cerita dan kenangan yang baik. USE YOUR MIND BE THE BEST.
12. kakak-kakak, adik-adik, warga dan Alumni **KMK FMIPA Unhas** atas pengalaman dan pelajaran yang tak terlupakan.
13. teman-teman **KKN Posko 4** teman jajan, *healing*, yang kebersamai di akhir-akhir semester ini.

Semoga segala bimbingan, arahan, bantuan, serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini mendapat balasan pahala dan tercatat sebagai amal ibadah di sisi Allah SWT. Aamiin. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih sangatlah jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun senantiasa penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Makassar, 2022

Penulis

## ABSTRAK

Polimer bercetakan molekul (PBM) atau *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) merupakan material sintetis cerdas karena material ini memiliki kemampuan untuk mengenal secara selektif molekul target. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan sintesis, karakterisasi dan analisis kinerja dari MIP. Material MIP disintesis menggunakan dibutilftalat (DBP) sebagai molekul cetakan, monomer metil metakrilat (MMA) yang dikombinasikan dengan trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) sebagai pengikat silang dengan metode polimerisasi presipitasi. Material MIP dikarakterisasi dengan instrumen SEM, EDS, spektrofotometer FTIR dan spektrofotometer UV-Vis. Variabel uji kemampuan adsorpsi material MIP terhadap senyawa DBP adalah waktu dan konsentrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MIP yang telah disintesis berupa padatan berwarna putih. Karakterisasi dengan EDS menunjukkan adanya penurunan persen massa C dan persen atom C yang menandakan terbentuknya MIP\_DBP\_MMA-co-TRIM<sub>(TE)</sub> dan morfologi permukaan yang dikarakterisasi dengan SEM menunjukkan butiran-butiran bulat kecil yang cenderung seragam. Ikatan yang berpengaruh pada pembentukan polimer yang dikarakterisasi dengan FTIR yaitu -CH, -C=O, -C=C dan -CO. Karakterisasi dengan SAA menunjukkan bahwa luas permukaan MIP\_DBP\_MMA-co-TRIM<sub>(TE)</sub> yaitu 465,48 m<sup>2</sup>/g, total volume pori adalah 0,60 cm<sup>3</sup>/g dan radius pori rata-rata adalah 5,12 nm yang menandakan material mesopori. Kapasitas adsorpsi MIP\_DBP\_MMA-co-TRIM<sub>(TE)</sub> sesuai dengan isothermal adsorpsi Freundlich dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 1,06 mg/g.

**Kata kunci:** Polimer, Metil Metakrilat, Dibutilftalat, *Molecularly Imprinted Polymer*, Trimetilpropan Trimetakrilat.



## ABSTRACT

Molecularly Imprinted Polymer (MIP) are smart synthetic materials because the materials have capability to identify selectively target molecules. This study aims to synthesize, characterize and analyze the performance of MIP. MIP material was synthesized using dibutylphthalate as a template molecule, methyl methacrylate (MMA) monomer combined with a crosslinker of trimethylpropane trimethacrylate (TRIM) by precipitation polymerization method. MIP materials were characterized by SEM, EDS instrument, FTIR spectrometer, and UV-Vis spectrophotometer. The adsorption ability of MIP material on DBP compounds was determined as a function of time and concentration. The synthesized MIP was in the form of a white solid. Characterization with the EDS showed a decrease in mass percent of C and percent of C atoms which indicated the formation of MIP\_DBP\_MMA-co-TRIM<sub>(TE)</sub> and the surface morphology characterized by the SEM was composed of small grains that tend to be uniform. The bonds that affect the formation of polymers characterized by FTIR spectrometer are -CH, -C=O, -C=C dan -CO. Characterization with SAA showed that a surface area of MIP\_DBP\_MMA-co-TRIM<sub>(TE)</sub> which was 465,48 m<sup>2</sup>/g, a total pore volume was 0,60 cm<sup>3</sup>/g and an average pore radius was 5,12 nm which indicated a mesoporous material. The adsorption capacity of MIP\_DBP\_MMA-co-TRIM<sub>(TE)</sub> match the Freundlich adsorption isotherm with the adsorption capacity value of 1,06 mg/g.

**Keyword:** Polymer, Methyl methacrylate, Dibutylphthalate, Molecularly Imprinted Polymer, Trimethylpropane Trimethacrylate.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA .....	v
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	6
1.3.1 Maksud Penelitian.....	6
1.3.2 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kemasan Makanan Berbahan Plastik dan Potensi Bahayanya	8
2.2 Senyawa Dibutilftalat (DBP) .....	9
2.3 Polimer Bercetakan Molekul dan Aplikasinya .....	10
2.4 Variabel yang Mempengaruhi Sintesis Polimer Bercetakan Molekul .....	12
2.5 Polimerisasi dan Mekanismenya.....	17

2.6	Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul .....	19
2.7	Adsorpsi .....	20
2.8	Kinetika Adsorpsi.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Bahan Penelitian.....	24
3.2	Alat Penelitian.....	24
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.4	Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1	Sintesis MIP dan NIP .....	25
3.4.2	Pembuatan Larutan Standar DBP 100 mgL <sup>-1</sup> .....	26
3.4.3	Uji Kemampuan Adsorpsi MIP dan NIP .....	26
3.4.3.1	Pengaruh Waktu terhadap Kemampuan Adsorpsi DBP oleh MIP.....	26
3.4.3.2	Pengaruh Konsentrasi terhadap Kemampuan Adsorpsi MIP .....	27
3.4.4	Penentuan Kinetika Adsorpsi MIP.....	27
3.4.5	Penentuan Kapasitas Adsorpsi MIP.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		28
4.1	Sintesis Polimer Bercetakan Molekul (MIP) .....	28
4.2	Karakterisasi MIP dan NIP .....	30
4.2.1	Karakterisasi MIP dan NIP Menggunakan EDS .....	30
4.2.2	Karakterisasi MIP dan NIP Menggunakan SEM .....	31
4.2.3	Karakterisasi MIP dan NIP Menggunakan FTIR.....	33
4.2.4	Karakterisasi MIP Menggunakan SAA .....	36
4.3	Uji Kemampuan Adsorpsi MIP dan NIP .....	37

4.3.1	Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi DBP oleh MIP .....	38
4.3.2	Pengaruh Konsentrasi terhadap Adsorpsi DBP oleh MIP....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		44
5.1	Kesimpulan .....	44
5.2	Saran .....	44
DAFTAR PUSTAKA .....		45
LAMPIRAN.....		51

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Data Uji senyawa DBP pada ekstrak pelarut campuran metanol:asam asetat (9:1) dengan instrumen spektrofometer UV .....	28
2. Data EDS untuk NIP_MMA-co-TRIM, MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(BE)</sub> dan MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	31
3. Data bilangan gelombang karakterisasi FTIR untuk monomer MMA, NIP_MMA-co-TRIM, MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(BE)</sub> dan MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	33
4. Data hasil karakterisasi dengan instrumen SAA.....	36
5. Data parameter kinetika adsorpsi DBP oleh MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> berdasarkan kinetika orde satu semu dan kinetika orde dua semu .....	40
6. Data parameter adsorpsi DBP oleh MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> yang diperoleh dari kurva isotermal adsorpsi Langmuir dan isotermaladsorpsiFreundlich.....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur senyawa dibutilftalat .....	10
2. Skema sintesis MIP .....	11
3. Struktur monomer fungsional metil metakrilat (MMA) .....	13
4. Struktur trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) .....	15
5. Struktur benzoil peroksida (BPO) .....	16
6. Mekanisme tahap inisiasi .....	18
7. Mekanisme tahap propagasi .....	18
8. Mekanisme tahap terminasi .....	19
9. Skema reaksi sintesis MIP_DBP_MMA-co-TRIM, (a) tahap prapolimerisasi, (b) tahap polimerisasi dan (c) tahap ekstraksi.....	29
10. Morfologi permukaan dengan perbesaran 5.000x untuk (a) NIP_MMA-co-TRIM, (b) MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(BE)</sub> (c) MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	32
11. Spektrum FTIR (a) monomer MMA, (b) NIP_MMA-co-TRIM, (c) MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(BE)</sub> , (d) MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	34
12. Hubungan tekanan relatif terhadap volume N <sub>2</sub> yang teradsorpsi pada MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	36
13. Hubungan diameter pori rata-rata terhadap volume pori kumulatif N <sub>2</sub> yang teradsorpsi pada MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	37
14. Kemampuan adsorpsi DBP oleh MIP dan NIP.....	38
15. Pengaruh waktu terhadap jumlah DBP yang diadsorpsi oleh MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	38
16. (a) Kurva kinetika orde satu semu dan (b) Kurva kinetika orde dua semu adsorpsi DBP oleh MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	39

17. Pengaruh konsentrasi terhadap jumlah DBP yang diadsorpsi oleh MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	41
18. Kurva isothermal adsorpsi Langmuir (a) dan Freundlich (b) dari adsorpsi DBP oleh MIP_DBP_MMA-co-TRIM <sub>(TE)</sub> .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Sintesis Polimer Bercetakan Molekul DBP menggunakan Metode Polimerisasi Presipitasi .....	51
2. Bagan Alir Prosedur Penelitian .....	52
3. Data Spektrofotometer UV-Vis .....	55
4. Perhitungan .....	57
5. Foto Hasil Penelitian .....	62
6. Karakterisasi EDS .....	65
7. Karakterisasi FTIR .....	68
8. Karakterisasi SAA .....	72
9. Contoh Perhitungan Nilai $K_1$ dan $K_2$ berdasarkan Persamaan Orde Satu Semu dan Orde Dua Semu .....	76
10. Contoh Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi berdasarkan Model Persamaan Isothermal Adsorpsi Langmuir dan Isothermal Adsorpsi Freundlich .....	77



## DAFTAR SIMBOL

<b>Simbol</b>	<b>Arti</b>
MIP	<i>Molecular Imprinted Polymer</i> (Polimer bercetakan molekul)
NIP	<i>Non Imprinted Polymer</i>
MMA	<i>Methyl Methacrylate</i> (Metil metakrilat)
SPE	<i>Solid Phase Extraction</i>
BPO	Benzoil peroksida
TRIM	Trimetilpropan Trimetakrilat (TRIM)
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
EDS	<i>Energy Dispersive Spectroscopy</i>
SAA	<i>Surface Area Analyzer</i>
(TE)	Telah diekstraksi
(BE)	Belum diekstraksi

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pemakaian plastik cukup populer di kalangan masyarakat saat ini. Penggunaan plastik sebagai kemasan makanan dan minuman tidak dapat dihindari dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Wadah plastik merupakan pengemas makanan dan minuman yang paling banyak digunakan saat ini. Hal ini terjadi karena harganya lebih murah sehingga masyarakat dapat menghemat biaya pengeluaran, plastik tidak gampang berkarat ataupun rusak, ringan serta kekokohnya tidak kalah dengan bahan kayu, kaca ataupun logam (Stevens, 2001).

Plastik terbuat dari bahan-bahan dasar plastik yang disebut monomer, dibuat dengan cara polimerisasi beberapa bagian unit molekul disusun dan dibentuk secara sambung menyambung. Selain bahan dasar berupa monomer, plastik mengandung bahan non-plastik yang disebut aditif. Aditif adalah komponen yang ditambahkan ke polimer untuk memodifikasi karakteristik polimer, kekuatan polimer dan ketahanan polimer (Pfaender, 2006; Stevens, 2001).

Plastik yang memiliki keunggulan tetap memberikan kekhawatiran terhadap dampak negatif dari penggunaannya sebagai bahan kemasan. Kekhawatiran ini timbul karena adanya sifat-sifat fisik dan kimia dari bahan penyusun plastik yaitu monomer/polimer atau zat-zat aditif yang dapat bermigrasi ke makanan atau minuman, yang bersifat karsinogenik dan dapat menjadi pemicu penyakit kanker (Miltz dan Doody, 1984). Monomer yang ada pada makanan apabila dikonsumsi manusia akan masuk ke dalam pembuluh darah serta turut tersebar sampai ke organ

dalam dan akan menumpuk terutama pada hati dan ginjal serta organ-organ lainnya. Monomer vinil klorida (dari PVC) dan akrilonitril adalah monomer-monomer yang berbahaya karena berpotensi memicu kanker cukup tinggi pada hewan dan manusia (Nugroho, 2004). Bahan aditif yang banyak ditambahkan agar plastik mempunyai sifat yang fleksibel adalah senyawa ftalat, misalnya dibutil ftalat (*dibutyl phtalat*; DBP) dan di-2-etilheksil ftalat (*di-2-ethylhexyl phtalat*; DEHP) (Irawan dan Supeni, 2013). Ftalat telah diproduksi sejak tahun 1930-an dan penggunaannya sangat luas dalam industri plastik, peralatan rumah tangga, cat, peralatan medis, mainan anak-anak, kosmetik, dan banyak lagi. Produksi ester ftalat mencapai 5,2 juta ton per tahun dan digunakan sebagai pemlastis dalam polimer polivinil klorida (*polyvinyl chloride*; PVC), polivinil asetat (*polyvinyl acetate*; PVA), polietilena (*polyethylene*; PE), poliuretana (*polyurethane*; PU) dan produk lainnya (Liu dkk., 2009).

Paparan DBP dapat terjadi akibat migrasi dari kemasan ke produk pangan karena pengaruh pemanasan dan waktu simpan yang lama. DBP bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan defisiensi reproduksi, dan memiliki efek pada stimulasi kelenjar dan hormon endokrin yang berbahaya bagi kesehatan konsumen (Yuliana dkk., 2015). Metode analisis DBP saat ini bervariasi dengan keunggulan masing-masing. Sebelum suatu senyawa dianalisis, perlu dilakukan preparasi sampel lebih dahulu, dimana salah satu metode yang sering digunakan yaitu ekstraksi fase padat atau *Solid Phase Extraction* (SPE) (Hennion, 1999). Metode SPE memungkinkan proses preparasi sampel menjadi lebih mudah dengan pemakaian pelarut yang jauh lebih sedikit, ekstrak analit dengan kemurniaan tinggi, dan dapat digunakan untuk analit yang memerlukan pemurnian juga pemekatan (Hadi dan Widiarto, 2006). Namun, SPE memiliki beberapa kelemahan yaitu

kurangnya selektivitas yang menyebabkan terbentuknya *co-extraction* antara material pengganggu dengan target analisis, sehingga metode ini dikombinasikan dengan metode yang lebih baru yaitu *Molecularly Imprinted Polymers* (MIP) (He dkk., 2010).

Polimer bercetakan molekul atau *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) merupakan polimer yang dibentuk dengan molekul target melalui proses polimerisasi yang kemudian diekstrak untuk memisahkan molekul target dari bingkai polimernya. Ekstraksi yang dilakukan akan menghasilkan ruang yang diharapkan memiliki afinitas yang tinggi terhadap molekul tercetak. Selanjutnya polimer akan bertindak sebagai sorben selektif ketika senyawa target dianalisis (Sirumapea dkk., 2018). MIP memiliki beberapa keunggulan dibandingkan fasa diam atau polimer lainnya yang tidak memiliki molekul cetakan. MIP dapat digunakan kembali (*reusable*), memiliki kestabilan mekanik dan kimia yang tinggi, dan dapat diterapkan pada berbagai kondisi (Chrisnandari, 2018). Selain itu, MIP banyak diaplikasikan dalam proses ekstraksi dan pemurnian serta sebagai bahan sensor kimia dengan keunggulan lebih tahan terhadap kondisi dan dapat digunakan untuk jumlah sampel yang banyak (Yang dkk., 2014; Vasapollo dkk., 2011). Berdasarkan hal ini, sintesis MIP bercetak molekul DBP perlu dilakukan. Polimer tersebut berguna untuk berbagai aplikasi, terutama untuk proses ekstraksi.

Sintesis MIP memiliki beberapa komponen yang penting, diantaranya monomer fungsional, pengikat silang, pelarut porogen, inisiator dan molekul cetakan (Sirumapea dkk., 2018). Molekul cetakan merupakan kunci untuk sintesis MIP yang tinggi selektivitas dan afinitasnya karena molekul ini bertindak sebagai pencetak rongga pada MIP (Sallergren, 2001). Penggunaan monomer fungsional yang tepat sangat menentukan afinitas MIP untuk berinteraksi secara

selektif dengan molekul target. Monomer fungsional yang sering digunakan untuk sintesis MIP yaitu metil metakrilat yang dapat bertindak sebagai akseptor ikatan hidrogen untuk molekul cetakan selama proses polimerisasi (Hasanah dkk., 2019). Pemilihan pengikat silang juga penting dalam sintesis MIP karena pengikat silang berfungsi untuk mengendalikan morfologi dari matriks polimer, menstabilkan sisi pengikatan dan menjaga stabilitas mekanik matriks polimer (Belitan dkk., 2010). Salah satu bahan pengikat silang yang sering digunakan dalam sintesis MIP adalah trimetilpropan trimetakrilat (TRIM). Menurut Fauziah (2016), MIP yang disintesis menggunakan pengikat silang TRIM memiliki selektivitas yang lebih baik dibandingkan dengan pengikat silang etilen glikol dimetakrilat (EGDMA). Hal ini mengindikasikan bahwa polimer yang disintesis dengan pengikat silang TRIM memiliki struktur rongga yang stabil karena memiliki matriks polimer yang lebih kaku sehingga bentuk dan ukuran rongga yang dihasilkan tidak berubah sesuai dengan bentuk dan ukuran molekul cetakan.

MIP yang dihasilkan dapat memiliki struktur kaku, dapat mengadsorpsi dan memiliki selektivitas adsorpsi yang tinggi, memerlukan metode sintesis yang tepat. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode ruah. Namun, dalam proses pembentukan MIP penggerusan dan pengayakan dilakukan sehingga bentuk dan ukuran partikel tidak seragam dan beberapa sisi pengikatannya dapat rusak sehingga kapasitas adsorpsi terhadap molekul target dapat turun (Yan dan Row, 2006). Metode polimerisasi presipitasi juga merupakan metode yang sering digunakan dalam sintesis MIP. Metode ini didasarkan pada penggunaan lebih banyak pelarut daripada metode polimerisasi ruah, tetapi metode ini dapat menghasilkan polimer dengan ukuran partikel yang seragam (sekitar 0,3-10  $\mu\text{m}$ )

sehingga proses penggerusan dan pengayakan seperti pada polimerisasi ruah tidak perlu dilakukan (Yan dan Row, 2006; Cacho dkk., 2004).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian tentang sintesis dan karakterisasi polimer bercetakan molekul DBP dengan menggunakan monomer MMA dan pengikat silang TRIM melalui metode polimerisasi presipitasi dilakukan untuk memperoleh polimer bercetakan DBP (MIP DBP). Polimer tersebut digunakan sebagai adsorben pada metode SPE. MIP yang diperoleh kemudian dikarakterisasi morfologi permukaannya dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM), komposisi unsur penyusunnya dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS), gugus fungsi yang berperan dalam sintesisnya dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), luas permukaan, volume, dan diameter pori dengan *Surface Area Analyzer* (SAA), serta kemampuannya dalam mengadsorpsi senyawa DBP yang dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. bagaimana hasil *molecularly imprinted polymers* (MIP) atau polimer bercetakan molekul dibutilftalat (DBP) yang disintesis menggunakan kombinasi metil metakrilat (MMA) dan pengikat silang trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) dengan metode polimerisasi presipitasi?
2. bagaimana morfologi permukaan, komposisi unsur penyusun, gugus fungsi, luas permukaan, volume, dan diameter pori dari MIP dan NIP yang disintesis?
3. bagaimana model kinetika adsorpsi yang sesuai untuk polimer bercetakan molekul DBP?

4. bagaimana kapasitas adsorpsi DBP oleh polimer bercetakan molekul DBP?

### **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan sintesis polimer bercetakan molekul atau *molecularly imprinted polymers* (MIP) dibutilftalat (DBP) yang disintesis menggunakan kombinasi metil metakrilat (MMA) dan pengikat silang trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) dengan metode polimerisasi presipitasi.

#### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. melakukan sintesis polimer bercetakan molekul dibutilftalat (DBP) menggunakan kombinasi metil metakrilat (MMA) dan pengikat silang trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) dengan metode polimerisasi presipitasi.
2. melakukan karakterisasi morfologi permukaan dengan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM), komposisi unsur penyusun dengan instrumen *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS), gugus fungsi dengan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR), luas permukaan, volume, dan diameter pori dengan instrumen *Surface Area Analyzer* (SAA) dari MIP dan NIP yang disintesis.
3. menentukan model kinetika adsorpsi yang sesuai untuk MIP DBP.
4. menentukan kapasitas adsorpsi DBP oleh polimer bercetakan molekul DBP.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang cara mensintesis MIP DBP menggunakan metode polimerisasi presipitasi dan menghasilkan material cerdas yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben atau fasa diam pada SPE, maupun diaplikasikan dalam proses pemurnian, serta sebagai bahan material untuk pembuatan sensor kimia.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kemasan Makanan Berbahan Plastik dan Potensi Bahayanya**

Pengemasan bahan makanan merupakan bagian dari kebutuhan produk untuk memperpanjang umur simpan. Fungsi utama dari sebuah kemasan pada dasarnya adalah sebagai wadah. Pengemasan produk pangan memiliki banyak fungsi dan manfaat seperti, melindungi produk pangan yang dikemas baik dari kerusakan fisik (benturan, gesekan, goresan, dll) maupun kerusakan kimia (karena bereaksi dengan oksigen dan air) dari lingkungan. Pengemasan makanan juga berfungsi untuk mencegah kontaminasi, baik itu kontaminasi oleh mikroorganisme, serangga, atau bahan kimia pada produk pangan yang dikemas (Hariyadi, 2008).

Jenis bahan kemasan yang paling umum digunakan dalam pengemasan bahan pangan dapat dibedakan berdasarkan bahannya, yaitu: kemasan kaca/gelas, kemasan logam, kemasan plastik, dan kemasan kertas. Pemilihan jenis kemasan yang akan digunakan sangat bergantung pada karakteristik dan jenis bahan pangan yang akan dikemas (Juwita, 2012). Plastik menjadi kemasan pangan yang paling populer digunakan (Rahmad dkk., 2019). Keunggulannya diberikan oleh bentuknya yang fleksibel sehingga mudah mengikuti bentuk pangan yang dikemas, bobotnya yang ringan, sifatnya yang tidak mudah pecah, transparan, dan mudah diberi label, penampilannya yang beraneka warna, mudahnya diproduksi secara massal, dan harganya yang relatif murah (Juwita, 2012).

Plastik dibuat dengan cara polimerisasi dimana bahan-bahan dasar plastik disusun dan dibentuk secara sambung menyambung, misalnya plastik jenis PVC (Polivinil Klorida) merupakan monomer dari vinil klorida. Selain bahan dasar

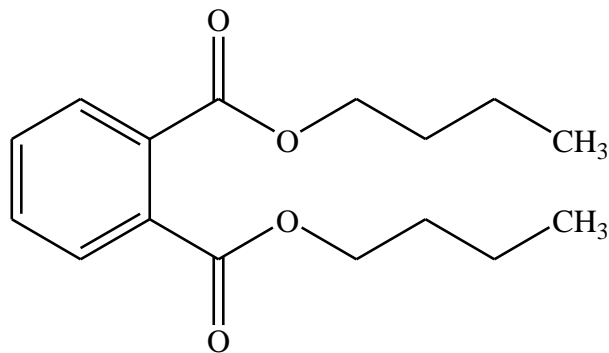
berupa monomer, plastik juga mengandung bahan non-plastik yang disebut aditif yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat plastik. Aditif ini adalah zat dengan berat molekul rendah, yang dapat bertindak sebagai pewarna, antioksidan, penyerap sinar UV, anti lekat, dan masih banyak lagi (Koswara, 2006). Berdasarkan fungsinya, zat aditif dapat dikelompokkan menjadi: bahan pelunak atau pemlastis (*plasticsizer*), bahan penstabil (*stabilizer*), bahan pelumas (*lubricant*), bahan pengisi (*filler*), pewarna (*colorant*), *antistatic agent*, *blowing agent* dan *flame* (Winarno dan Rahayu, 1994).

Polietilen Teleftalat (PET) adalah jenis plastik yang banyak digunakan dalam kemasan minuman seperti air mineral, jus, *soft drink*, dan minuman olahraga (Okatama, 2016). Pada proses pembuatannya, jenis plastik ini telah ditambahkan bahan aditif yaitu *plasticsizer* agar bahan plastik tersebut mempunyai sifat fleksibel. Salah satu bahan kimia yang banyak digunakan sebagai pemlastis adalah senyawa ftalat, seperti DBP dan DEHP (Irawan dan Supeni, 2013). Dibutilftalat sangat berbahaya karena jika terakumulasi ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman, maka senyawa tersebut sangat sulit untuk dicerna sehingga senyawa sulit untuk dikeluarkan melalui feses atau urin. Akibatnya, zat ini semakin lama semakin menumpuk dan berbalut lemak. Hal ini dapat menyebabkan kanker atau leukemia pada manusia (Koswara, 2006).

## **2.2 Senyawa Dibutilftalat (DBP)**

Dibutilftalat adalah cairan berminyak yang tidak berwarna, sedikit berbau, larut dalam dietil eter, aseton, benzene, alkohol, pelarut organik, dan minyak, sangat sedikit larut dalam air dingin. Dibutilftalat memiliki berat molekul 278,34 g/mol, titik leleh  $-35^{\circ}\text{C}$  ( $-31^{\circ}\text{F}$ ), titik didih  $340^{\circ}\text{C}$  ( $644^{\circ}\text{F}$ ), kelarutan dalam air sebesar 13 mg/L pada  $25^{\circ}\text{C}$  dan 11,2 mg/L pada  $20^{\circ}\text{C}$  (Sikernas, 2011). Dibutilftalat

diproduksi dengan mereaksikan ftalat anhidrida dan n-butanol dengan reaksi esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat (Berman dkk., 1948). DBP lebih banyak digunakan sebagai *plasticizer* di dalam resin dan polimer sebagai PVC. DBP juga digunakan sebagai adesif, tinta cetakan, *coating film*, *sealant* dan *fiber glass* (European Chemicals Bureau, 2004). Struktur senyawa DBP dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur senyawa dibutilftalat (ATSDR, 2001).

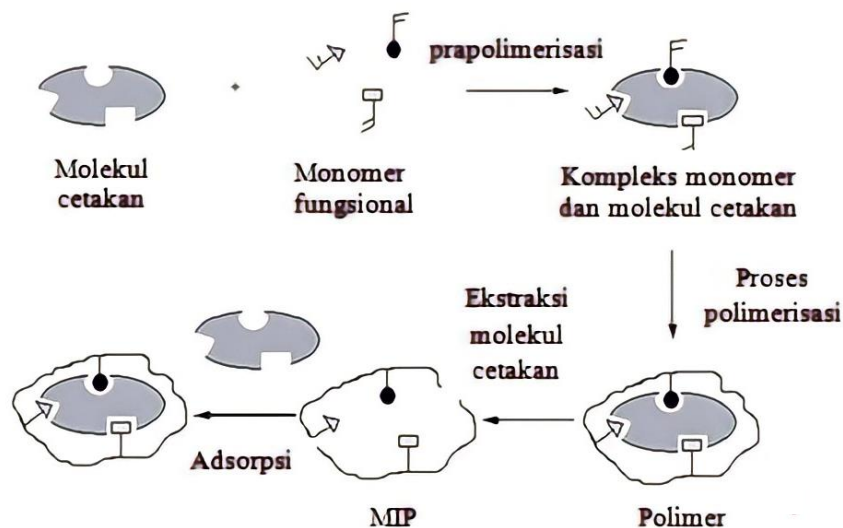
Paparan DBP yang paling umum adalah melalui kontaminasi makanan dan minuman yang banyak dijumpai dalam kemasan berbentuk plastik (European Chemicals Bureau, 2004). DBP dilaporkan dapat mempengaruhi proses biokimia di dalam tubuh manusia dan juga berefek merugikan terhadap lingkungan. DBP memiliki toksisitas akut yang relatif rendah pada hewan percobaan. Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa paparan DBP dosis tinggi dapat menyebabkan penurunan berat badan dan penurunan fungsi reproduksi. Selain itu, juga dilaporkan dapat terjadi hipertensi, gejala neurologis (nyeri, mati rasa, sesak, lemah) pada pekerja yang terpapar DBP (ATSDR, 2001).

### 2.3 Polimer Bercetakan Molekul dan Aplikasinya

Polimer bercetakan molekul atau *molecularly imprinted polymers* (MIP) adalah material berpori yang memiliki sisi aktif pengikatan yang dapat mengenali

molekul tertentu yang sesuai dengan molekul cetaknya secara spesifik. Selektivitas dan afinitas molekul cetakan itu sendiri meningkat seiring dengan meningkatnya nilai konsentrasi (Amin dkk., 2018). MIP dapat digunakan sebagai adsorben karena memiliki sisi aktif yang dapat secara selektif mengenali molekul target sehingga dapat dirancang khusus untuk molekul target atau analit sehingga MIP dapat berikatan dengan analit (Chapuis dkk., 2004).

Sintesis polimer bercetakan molekul didasarkan pada pembentukan kompleks molekul cetakan dengan monomer fungsional. Setelah proses polimerisasi, molekul cetakan dipisahkan dari polimer dan meninggalkan sisi spesifik dalam bentuk, ukuran dan gugus fungsi yang sesuai dengan molekul cetakan. Skema sintesis MIP dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Skema sintesis MIP (Vasapollo dkk., 2011)

Molekul cetakan terikat pada polimer dapat melalui pendekatan pencetakan kovalen, non kovalen dan semi kovalen berdasarkan interaksi yang terlibat antara monomer fungsional dan molekul cetakan (Yan dan Row, 2006). Namun, karena fleksibilitas dari metode, pendekatan pencetakan non kovalen lebih disukai

dikarenakan sisi pengikatannya lebih heterogen sehingga MIP yang dihasilkan lebih beragam dan interaksi pengikatannya lebih lemah yang membuatnya lebih mudah untuk putus daripada pengikatan tipe kovalen (Syu dkk., 2005).

MIP telah banyak dimanfaatkan dalam beberapa bidang kehidupan yang membutuhkan analisis kimia seperti farmasi, biologi, maupun lingkungan. Material MIP dapat diaplikasikan pada bidang farmasi untuk deteksi obat, untuk analisis sampel biologis, makanan dan lingkungan (Adumitrachioaie dkk., 2018). MIP juga dimanfaatkan dalam bidang sains untuk memisahkan dan memurnikan senyawa, pada bidang teknologi untuk pembuatan sensor dan pada bidang kesehatan untuk membuat obat dan antibodi buatan (Lovell, 2011).

#### **2.4 Variabel yang Mempengaruhi Sintesis Polimer Bercetakan Molekul**

Beberapa variabel penting yang perlu diperhatikan dalam sintesis karena dapat mempengaruhi hasil sintesis diantaranya yaitu molekul cetakan, monomer fungsional, pengikat silang, pelarut porogen, inisiator, dan kondisi polimerisasi (Adumitrachioaie dkk., 2018).

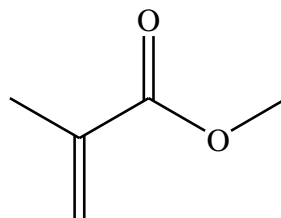
##### **a. Molekul Cetakan**

Molekul cetakan adalah pencetak rongga dalam MIP dimana rongga tersebut merupakan pusat keberadaan gugus fungsi yang berasal dari monomer (Andres dkk., 2009). Pada proses pencetakan molekul, molekul cetakan berperan sebagai objek yang penting karena struktur molekul cetakan dapat menentukan tipe monomer fungsional yang akan digunakan dalam sintesis (Yan dan Row, 2006). Molekul cetakan dalam sintesis MIP selalu berupa molekul organik kecil dikarenakan molekul organik besar proses sintesisnya sulit sebab strukturnya sangat rentan terhadap panas dan cahaya, serta MIP yang dihasilkan memiliki rongga yang kurang kaku (Yan dan Row, 2006).

b. Monomer Fungsional

Monomer fungsional merupakan zat yang melalui interaksinya dengan molekul cetak, mengikat ke sisi polimer yang dicetak (Haupt, 2001). Monomer fungsional mempunyai peranan untuk membentuk kompleks prepolimerisasi bersama molekul cetakan dengan menyediakan gugus fungsional, sehingga pemilihan monomer merupakan salah satu faktor penentu kuat lemahnya interaksi dengan molekul cetakan (Chen dkk., 2016). Monomer fungsional terdiri atas dua unit, yaitu unit pengenalan, karena berikatan dengan molekul cetakan sebagai pengenalan, dan unit terpolimerisasi, yang berikatan dengan monomer lain membentuk polimer (Fasihi, dkk., 2011).

Monomer fungsional yang banyak digunakan dalam pencetakan MIP yaitu monomer metil metakrilat (MMA). Menurut Soni (2020), kemampuan adsorpsi MIP yang menggunakan monomer MMA lebih baik daripada monomer akrilamida. Material MIP yang dihasilkan dari monomer MMA memiliki afinitas pengikatan yang baik dan hasil karakterisasi memiliki partikel yang homogen dan berukuran kecil (Hasanah dkk., 2019). Adapun struktur monomer fungsional MMA ditunjukkan pada Gambar 3.



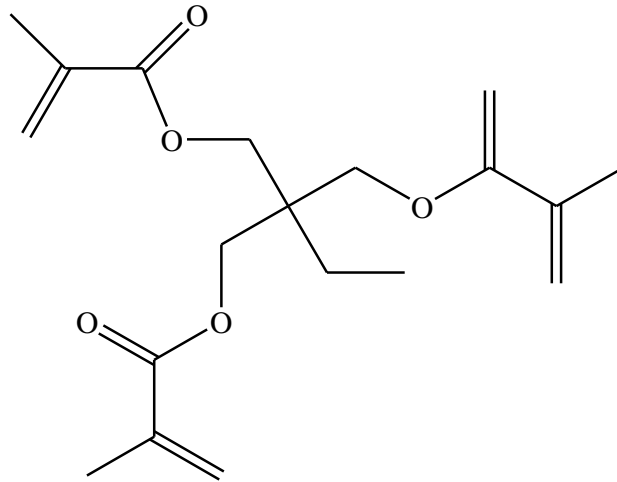
**Gambar 3.** Struktur monomer fungsional metil metakrilat (MMA) (Gue dan Schroeder, 2017)

c. Pengikat Silang

Pengikat silang (*cross-linker*) adalah senyawa organik yang ditambahkan ke dalam campuran polimerisasi dengan tujuan utama memperbaiki struktur polimer dari monomer di sekitar molekul cetakan yang ada. (Adumitrachioaie dkk., 2018). Selektivitas polimer yang dicetak dipengaruhi oleh jenis dan jumlah zat pengikat silang yang digunakan. Pengikat silang berperan penting pada polimer bercetakan molekul untuk mengontrol morfologi matriks polimer, baik dalam bentuk gel, makropori atau sebagai bubuk mikrogel. Selain itu, pengikat silang juga berguna untuk menstabilkan sisi pengikat (Yan dan Row, 2006).

Pengikat silang yang paling sering digunakan dalam pengembangan MIP adalah yang berbasis metakrilat (Adumitrachioaie, 2018). Menurut Vasapollo dkk. (2011) beberapa pengikat silang berbasis metakrilat yang telah digunakan dalam sintesis MIP yaitu etilen glikol dimetakrilat (EGDMA), divinilbenzena (DVB), trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) dan pentaeritritol triakrilat (PETRA).

Etilen glikol dimetakrilat (EGDMA) dan trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) merupakan pengikat silang yang paling umum digunakan. Menurut penelitian Fauziah (2016) dalam sintesis MIP menggunakan monomer asam metakrilat (MAA) dengan kombinasi pengikat silang TRIM menunjukkan hasil bahwa selektivitasnya lebih baik daripada MIP yang disintesis dengan pengikat silang EGDMA. Hal ini mengindikasikan bahwa polimer yang disintesis dengan pengikat silang TRIM memiliki struktur rongga yang stabil karena memiliki matriks polimer yang lebih kaku sehingga bentuk dan ukuran rongga yang dihasilkan tidak berubah sesuai dengan molekul cetakan. Struktur TRIM ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Struktur trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) (Yan dan Row, 2006)

d. Pelarut Porogen

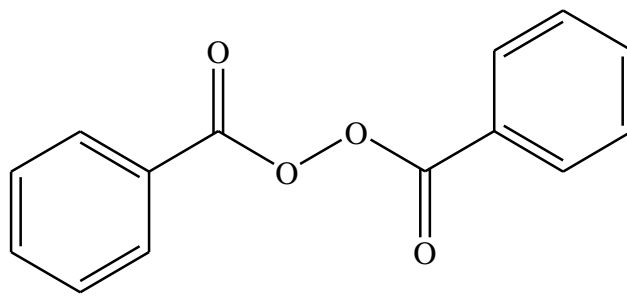
Pelarut porogen memainkan peran penting dalam pembentukan struktur pori MIP. Jenis dan tingkat pelarut porogenik diketahui dapat menentukan kekuatan interaksi non-kovalen, mempengaruhi morfologi polimer, dan secara langsung mempengaruhi kinerja MIP. Molekul cetakan, inisiator, monomer, dan pengikat silang harus larut dalam pelarut porogen. Pelarut porogen harus menghasilkan pori-pori untuk mempertahankan sifat aliran yang baik melalui polimer yang dihasilkan. Pelarut porogenik juga harus memiliki polaritas yang relatif rendah (Yan dan Row, 2006). Pelarut porogen dengan kelarutan rendah dapat terpisah lebih awal dan cenderung membentuk pori-pori yang lebih besar. Sebaliknya, pelarut porogen dengan kelarutan tinggi lebih cenderung membentuk pori-pori yang lebih kecil dan luas permukaan yang lebih besar (Cormack dan Elorza, 2004).

e. Inisiator

Inisiator adalah bahan kimia yang dapat digunakan untuk meningkatkan laju polimerisasi. Polimerisasi dimulai dengan aktivasi molekul monomer tunggal, yang merupakan pusat aktif dari seluruh reaksi. Pemicu dari spesi reaktif disebabkan oleh



adanya suatu inisiator dalam campuran polimerisasi (Komiyama dkk., 2003). Senyawa yang membentuk radikal bebas selama proses polimerisasi sering digunakan sebagai inisiator. Penguraian inisiator menjadi radikal dapat dipicu dan dikendalikan dalam beberapa cara, termasuk panas, cahaya, dan secara kimiawi atau elektrokimia, tergantung pada sifat kimianya. Salah satu contoh inisiator yaitu benzoil peroksida (BPO), dimana senyawa peroksida ini dapat digunakan sebagai pembentuk radikal bebas yang berperan dalam proses polimerisasi (Syahfriana dkk., 2013). Struktur inisiator BPO dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Struktur Benzoil peroksida (BPO) (Walsh, 2010)

Menurut Yan dan Row (2006), gas oksigen dapat menghambat polimerisasi radikal bebas. Gas oksigen yang terlarut dalam larutan monomer harus dihilangkan untuk memaksimalkan laju pembentukan monomer dan memastikan bahwa polimerisasi berjalan dengan baik. Gas oksigen terlarut dapat dihilangkan dengan cara melakukan ultrasonikasi atau dengan mengalirkan gas inert seperti gas argon (Ar) atau nitrogen (N<sub>2</sub>).

#### f. Kondisi Polimerisasi

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa polimerisasi MIP pada suhu yang rendah menghasilkan polimer dengan selektivitas yang lebih besar daripada polimer yang dibuat pada suhu tinggi. Proses polimerisasi MIP biasanya

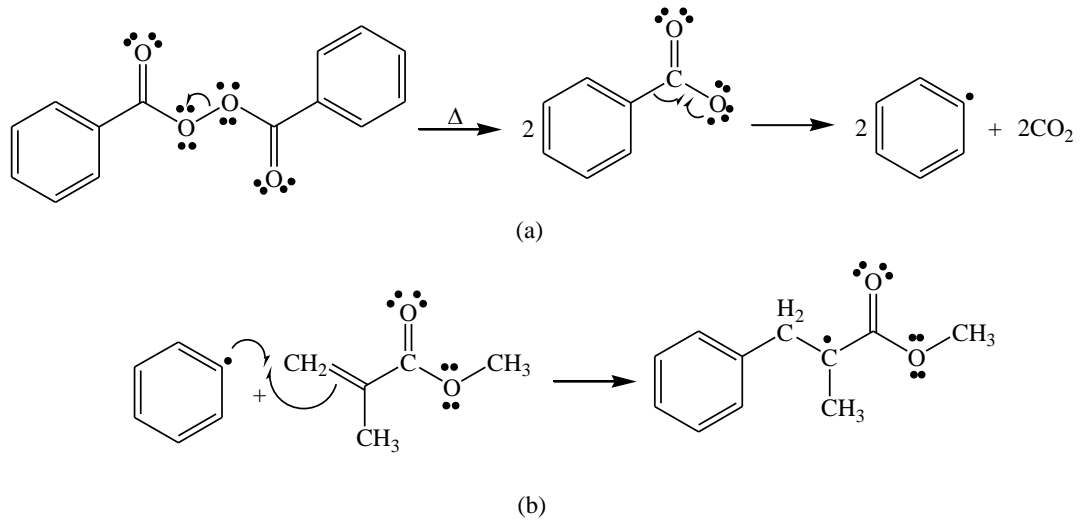
menggunakan suhu 50-60 °C. Reaksi inisiasi polimerisasi yang berlangsung pada suhu tinggi sangat cepat, sehingga sulit dikendalikan dan menyebabkan reproduktifitas polimer yang dicetak pada molekul rendah. Oleh karena itu, dipilih kondisi suhu yang relatif rendah dengan waktu reaksi yang lama dalam proses polimerisasi MIP (Vasapollo dkk., 2011).

## **2.5 Polimerisasi dan Mekanismenya**

Polimerisasi merupakan jenis reaksi kimia dimana monomer-monomer bereaksi untuk membentuk rantai yang besar berupa polimer (Cowd, 1991). Ada dua reaksi polimerisasi yang dikenal, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. Polimerisasi adisi ditandai dengan perubahan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal, sedangkan polimerisasi kondensasi merupakan peleburan dua molekul kecil menjadi satu molekul besar dengan produk samping molekul sederhana (Rochmadi dan Permono, 2008). Proses polimerisasi menurut Saldivar dan Vivaldo (2013) terjadi melalui tiga tahap yakni inisiasi (*initiation*) atau penyusunan, propagasi (*propagation*) atau perpanjangan rantai dan terminasi (*termination*) atau penghentian.

### **1. Inisiasi**

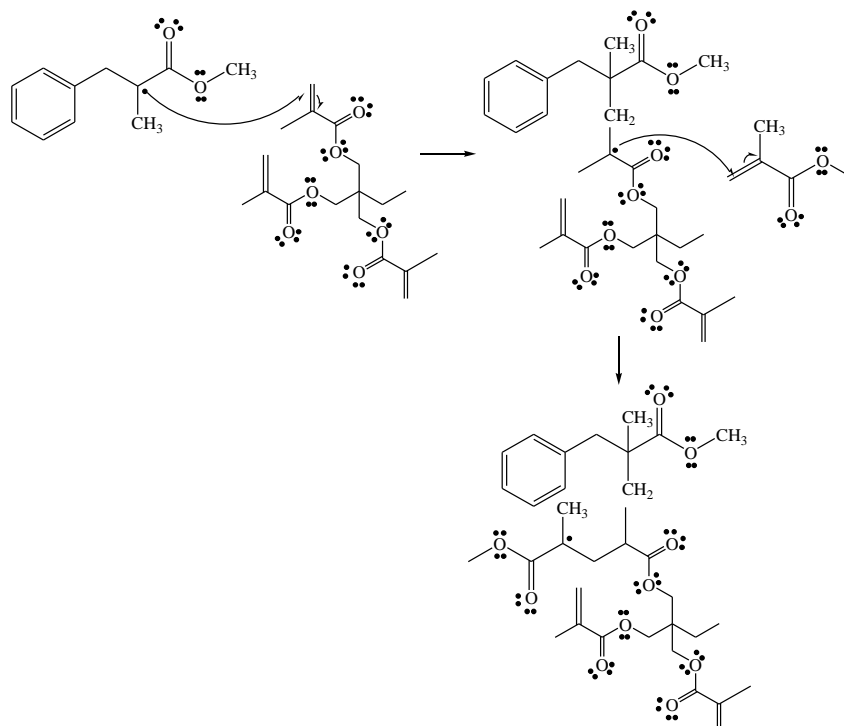
Inisiasi merupakan tahap awal pembentukan radikal bebas. Fase ini terdiri atas dua langkah. Tahap pertama adalah pembentukan radikal bebas dari dekomposisi inisiator dan tahap kedua adalah penambahan salah satu radikal bebas ke molekul monomer (Freitas, 2015). Mekanisme contoh tahap inisiasi ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Mekanisme tahap inisiasi (Freitas, 2015)

## 2. Propagasi

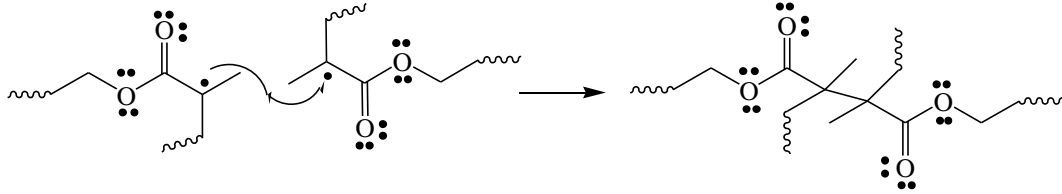
Propagasi merupakan tahapan perpanjangan polimer secara berulang-ulang. Waktu yang dibutuhkan untuk setiap penambahan monomer biasanya terjadi dalam beberapa detik (Freitas, 2015). Mekanisme contoh tahap propagasi ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Mekanisme tahap propagasi (Freitas, 2015)

### 3. Terminasi

Pada fase ini, pusat aktif dihentikan secara permanen dan fase perpanjangan propagasi berhenti. Mekanisme yang paling umum dari tahap terminasi dalam polimerisasi radikal adalah mekanisme kombinasi dan disproporsionasi (Freitas, 2015). Mekanisme contoh tahap terminasi ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Mekanisme tahap terminasi (Freitas, 2015)

## 2.6 Karakterisasi Polimer Bercetakan Molekul

Karakterisasi terhadap sisi pengikatan MIP dan struktur yang terbentuk dari monomer dan pengikat silang dapat dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra-red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS). Analisis menggunakan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang mempengaruhi afinitas polimer yang dihasilkan dari sintesis MIP dan SEM-EDS digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan MIP (Wang dkk., 2006).

Karakterisasi menggunakan SEM, umumnya dilengkapi dengan data *energy dispersive x-ray spectroscopy* (EDS) agar dapat diketahui komposisi unsur-unsur penyusun polimer bercetakan molekul (Shi dkk., 2007). Luas permukaan spesifik, volume pori spesifik, distribusi ukuran pori dan nilai diameter pori rata-rata partikel polimer dapat ditentukan dengan menggunakan instrumen *surface area analyzer* (SAA). Selain itu, Isoterm Freundlich dan Langmuir-Freundlich merupakan model teoritis kromatografi yang paling cocok untuk karakterisasi MIP. Metode ini biasa

disebut pengikatan heterogen kontinyu yang dapat dengan baik mencirikan MIP dengan menghitung sisi pengikatan, indeks heterogenitas dan rata-rata afinitas pengikatan (Vasapollo dkk, 2011; Yang dkk, 2015).

## **2.7 Adsorpsi**

Adsorpsi adalah serangkaian proses dimana suatu zat terakumulasi pada permukaan zat lain. Proses ini dapat berlangsung dalam beberapa fase seperti cair-cair, gas-cair, gas-padat atau cair-padat (Cecen dan Ozgur, 2011). Proses adsorpsi terjadi ketika ada gaya tarik menarik antara zat terlarut dan permukaan penyerap (Oscik, 1982). Jika gaya tarik antara molekul adsorbat dan sisi aktif permukaan adsorben lebih kuat daripada gaya tarik antara molekul adsorbat, maka terjadi perpindahan massa adsorbat dari fase gerak (cairan pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben (Bird, 1993).

Fase teradsorpsi disebut adsorbat dan fase adsorben disebut adsorben. Adsorben biasanya merupakan bahan berpori dimana adsorpsi berlangsung pada dinding pori-pori atau pada titik-titik tertentu pada adsorben (Alberty dan Daniel, 1987; Widayatno dkk., 2017). Adsorben harus memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi dengan pori-pori berdiameter kecil agar adsorbat dapat secara efektif menahan partikel yang teradsorpsi (Sembodo, 2006). Semakin banyak jumlah adsorben, semakin besar luas permukaan adsorbat yang akan terdesorpsi dan juga memberikan lebih banyak kesempatan untuk kontak dengan molekul adsorbat (Sembodo, 2006).

Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan persentase penyerapan yang tinggi (Day dan Underwood, 2001). Jumlah zat yang dapat diadsorpsi oleh adsorben dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) (Yang dkk., 2015):

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{W} \quad (1)$$

Keterangan:

- $q_e$  = Jumlah zat yang diadsorpsi oleh adsorben (mg/g)
- $C_o$  = Konsentrasi awal (mg/L)
- $C_e$  = Konsentrasi akhir (mg/L)
- $V$  = Volume sampel (L)
- $W$  = Berat adsorben (g)

Bagian yang terpenting dalam proses adsorpsi yaitu sisi aktif yang dimiliki oleh adsorben yang terletak pada permukaan, akan tetapi jumlah sisi aktif ini akan berkurang jika permukaan yang ditutup semakin bertambah (Husin dan Rosnelly, 2005). Pada proses adsorpsi dikenal istilah isoterm adsorpsi yang menggambarkan hubungan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada temperatur tertentu (Barrow, 1998). Persamaan isotermal Langmuir dan Freundlich ditunjukkan pada persamaan (2) dan (3) berturut-turut (Zahra dkk., 2014).

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} \times \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_m} \quad (2)$$

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F \quad (3)$$

Keterangan:

- $C_e$  = Konsentrasi saat kesetimbangan (mg/L)
- $q_e$  = Jumlah zat teradsorpsi saat kesetimbangan (mg/g)
- $q_m$  = Kapasitas adsorpsi maksimum *monolayer* (mg/g)
- $K_L$  = Konstanta afinitas adsorpsi atau konstanta kesetimbangan (L/mg)
- $K_F$  = Kapasitas adsorpsi (mg/g)
- $\frac{1}{n}$  = Konstanta Freundlich menyatakan faktor heterogenitas

## 2.8 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan penggambaran laju yang meliputi waktu adsorpsi dan menyatakan tingkat kecepatan penyerapan yang terjadi pada adsorben

terhadap adsorbat (Muna, 2011). Secara teoritis, kecepatan adsorpsi meningkat dengan kenaikan rasio massa adsorben dalam larutan, namun kecepatan adsorpsi akan turun dengan bertambahnya ukuran butiran zat penjerap (Mulyono dan Kusuma, 2010). Faktor-faktor yang mempengaruhi kinetika adsorpsi yaitu luas permukaan adsorben, jenis pelarut yang digunakan, ukuran partikel, suhu, jenis gugus fungsi dan konsentrasi (Allen dkk., 2004).

Orde reaksi menyatakan ketergantungan laju reaksi terhadap konsentrasi suatu zat yang bereaksi. Orde reaksi ditentukan secara eksperimen dan tidak berhubungan dengan stoikiometri reaksi, namun diatur oleh mekanisme reaksi tersebut yaitu dari jumlah spesies yang bertumbukan selama reaksi terjadi. Persamaan yang digunakan untuk menghitung laju reaksi dapat menggunakan persamaan orde satu semu dan orde dua semu, berikut persamaannya (Yavus dkk., 2007):

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \quad (4)$$

Setelah diintegrasikan dan menerapkan kondisi awal  $q_t=0$  pada  $t = 0$  dan  $q_t = q_t$  pada  $t = t$ , maka persamaan (5) menjadi:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln(q_e) - k_1 t \quad (5)$$

Disamping persamaan diatas, persamaan orde dua semu dinyatakan dalam persamaan (6):

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad (6)$$

Keterangan:

$k_2$  = tetapan laju adsorpsi pada orde dua semu ( $\text{menit}^{-1}$ )

Setelah persamaan diintegrasikan, maka persamaan menjadi persamaan (7):

$$\frac{1}{q_e - q_t} = \frac{1}{q_e} + k_2 t \quad (7)$$

atau dapat dituliskan seperti persamaan (8):

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (8)$$

dengan memplot  $t/q_t$  vs  $t$  garis lurus akan terbentuk, jika kinetika orde kedua berlaku maka nilai-nilai  $q_e$  dan  $k_2$  dapat dihitung dari kemiringan dan intersep (Yusof dkk., 2010; Zakaria dkk., 2009).



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dibutilftalat (DBP) 99,5 % (Sigma Aldrich), metil metakrilat 99 % (MMA) (Sigma Aldrich), trimetilpropan trimetakrilat (TRIM) (Sigma Aldrich), benzoil peroksida (BPO) 75% (Sigma Aldrich), toluena, aseton, metanol (Grade HPLC), asam asetat p.a, gas nitrogen, kertas Whatman no. 41, aluminium foil, kertas tisu, dan akuades.

#### **3.2 Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas yang lazim digunakan dalam laboratorium, neraca analitik, *shaker*, *water bath*, sonikator, oven, botol, mikropipet (10-100  $\mu\text{L}$  dan 100-1000  $\mu\text{L}$ ), spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (Shimadzu, IRPrestige21), spektrofotometer *Ultra Violet Visible* (UV-Vis) (Shimadzu, UV-2600), *Surface Area Analyzer* (SAA) (NOVA, 1200e), *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) (JEOL, JSM-6510 LA).

#### **3.3 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai bulan April 2022 di Laboratorium Kimia Fisika, Laboratorium Kimia Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, UPT. Laboratorium Terpadu, Universitas Diponegoro dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.