

**STUDI TRANSPOR FENOL MENGGUNAKAN SENYAWA PEMBAWA
KOPOLI(EUGENOL-DVB) DENGAN METODE *SUPPORTED LIQUID
MEMBRANE* (SLM)**

(Skripsi)

Oleh

WINDI ANTIKA



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

STUDI TRANSPOR FENOL MENGGUNAKAN SENYAWA PEMBAWA KOPOLI(EUGENOL-DVB) DENGAN METODE *SUPPORTED LIQUID MEMBRANE* (SLM)

Oleh

WINDI ANTIKA

Keberadaan fenol di perairan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan. Fenol merupakan polutan beracun yang terdapat pada limbah industri. Penelitian mengenai studi transpor fenol menggunakan kopoli(eugenol-DVB) sebagai senyawa pembawa berbasis membran *Polytetrafluoroethylene* (PTFE) dengan metode *supported liquid membrane* (SLM) dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. Beberapa parameter yang mempengaruhi transpor fenol telah dilakukan diantaranya adalah pH fasa sumber, konsentrasi fasa penerima, waktu *immersion*, konsentrasi senyawa pembawa dan waktu transpor. Sintesis kopoli(eugenol-DVB) dilakukan melalui reaksi kopolimerisasi antara eugenol dengan DVB 8% menggunakan katalis $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$. Produk polimer yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan FTIR. Konsentrasi fenol setelah proses transpor ditentukan dengan metode spektrofotometri menggunakan reagen 4-aminoantipirin dan absorbansinya diukur pada panjang gelombang = 456 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa pembawa kopoli (eugenol-DVB) yang digunakan pada membran *Polytetrafluoroethylene* (PTFE) mampu mentranspor fenol pada keadaan optimum: pH fasa sumber 5,5, konsentrasi NaOH 0,1 M, waktu *immersion* 1 jam, konsentrasi senyawa pembawa 0,01 M dan waktu transpor selama 24 jam. Setelah 24 jam transpor, % *ML Loss* tidak berkurang secara signifikan yaitu sebesar 8,35 % diperkuat dengan hasil karakterisasi SEM dan FTIR. Fenol tertranspor secara efektif, ketika menggunakan membran PTFE dengan senyawa pembawa kopoli(eugenol-DVB) 8% yaitu mencapai 92,10 %.

Kata Kunci : Fenol, Kopoli(eugenol-DVB), SLM

ABSTRACT

STUDY OF PHENOL TRANSPORT USING CARRIER COPOLY (EUGENOL-DVB) BY SUPPORTED LIQUID MEMBRANE (SLM) METHOD

By

WINDI ANTIKA

The presence of phenol in the water has a negative impact for health and the environment. Phenol is a toxic pollutant which was found in industrial waste. A research on the study of phenol transport using copoly (eugenol-DVB) as a carrier based on Polytetrafluoroethylene (PTFE) membrane with supported liquid membrane (SLM) method was conducted to resolve the problem. Some parameters that affect phenol transport have been carried out included source phase pH, receiving phase concentration, immersion time, concentration of the carrier and transport time. Synthesis of copoly (eugenol-DVB) was carried out through copolymerization reaction between eugenol and DVB 8% using catalyst $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$. The result of polymer product was characterized using FTIR. Phenol concentration after the transport process was determined by spectrophotometric method using 4-aminoantipyrine reagent and its absorbance was measured at a wavelength = 456 nm. The result showed that copoly(eugenol-DVB) was used in Polytetrafluoroethylene (PTFE) membranes was able to transport phenol at optimum conditions: source phase pH 5.5, 0.1 M NaOH concentration, 1 hour immersion time, concentration of carrier 0.01 M and transport time for 24 hours. After 24 hours of transport, % ML Loss was not significantly reduced, which was 8.35% strengthened by the results of SEM and FTIR characterization. Phenol was effectively transported, when used PTFE membranes with carrier copoly(eugenol-DVB) 8% achieved 92.10%.

Keyword : Phenol, Copoly(eugenol-DVB), SLM

**STUDI TRANSPOR FENOL MENGGUNAKAN SENYAWA PEMBAWA
KOPOLI(EUGENOL-DVB) DENGAN METODE *SUPPORTED LIQUID
MEMBRANE* (SLM)**

Oleh

WINDI ANTIKA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **STUDI TRANSPOR FENOL MENGGUNAKAN SENYAWA PEMBAWA KOPOLI(EUGENOL-DVB) DENGAN METODE *SUPPORTED LIQUID MEMBRANE* (SLM)**

Nama Mahasiswa : **Windi Antika**

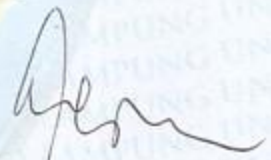
No. Pokok Mahasiswa : 1417011112

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.
NIP 19700705 200501 1 003


Drs. R. Supriyanto, M.S.
NIP 19581111 199003 1 001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA


Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji


Ketua : **Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.** 

Sekretaris : **Drs. R. Supriyanto, M.S.** 

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc.** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **27 September 2018**

PERNYATAAN

Nama : Windi Antika

Nomor Pokok Mahasiswa : 1417011112

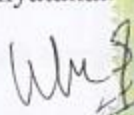
Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul Studi Transpor Fenol Menggunakan Senyawa Pembawa Kopoli(Eugenol-DVB) dengan Metode *Supported Liquid Membrane* (SLM) ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Oktober 2018
Yang menyatakan


Windi Antika
NPM 1417011112



RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Winda Antika dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 13 September 1996. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Wasis dan Ibu Lili Susanti. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Sriwijaya pada tahun 2002, lalu melanjutkan ke SDN 2

Sukabumi Indah lulus pada tahun 2008, kemudian melanjutkan ke SMPN 29 Bandar Lampung lulus pada tahun 2011, selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMK SMTI Bandar Lampung lulus pada tahun 2014. Saat SMK penulis aktif di organisasi yaitu Karya Ilmiah Remaja (KIR). Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan pernah menerima beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik (PPA) tahun 2015 dan 2017. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Kimia Analitik 1 angkatan 2016 tahun 2017, dan asisten Kimia Analitik 2 angkatan 2016 tahun 2018. Penulis juga mengikuti aktivitas organisasi, dimulai dengan menjadi Kader Muda Himaki (KAMI) tahun 2014. Penulis juga pernah menjadi anggota Bidang Sosial Masyarakat (SosMas) Himaki FMIPA Unila periode 2015-2016, dan

anggota Bidang Sosial Masyarakat (SosMas) Himaki FMIPA Unila periode 2016.

Tahun 2017 penulis menyelesaikan kerja praktik dengan judul Perbandingan

Akuratitas Antara Metode *Near Infrared Spectroscopy* (Nirs) dan Metode

Termogravimetri Pada Analisis Kadar Air Pakan Ternak di PT. Charoen

Pokphand Indonesia- *Feedmill* Lampung. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja

Nyata (KKN) di Desa Banjar Agung, Kecamatan Limau, Tanggamus pada juli-

Agustus 2017.

MOTTO

*"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum
hingga mereka mengubah diri mereka sendiri"
(Q.S. Al-Ra'd:11)*

*"Tindakanmu dan pikiranmu adalah penuntun suksesmu.
Tidak akan ada yang mampu menghalangi jalan
kesuksesanmu selagi kamu melibatkan Allah dalam setiap
urusanmu"
(Windi Antika)*

*"Dreams never hurt anybody if he keeps working right behind the
dream to make as much of it come real as he can."
(J. W. Woolworth)*

*"Jadilah dirimu sendiri, ekspresikan dirimu sendiri,
yakinkanlah pada dirimu sendiri, jangan pergi dan mencari
kepribadian sukses dan menduplikasinya"
(Bruce Lee)*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah yang Maha pengasih lagi Maha penyayang

*Dengan mengucapkan Alhamdulillahil'alamin dan segala kerendahan hati
kupersembahkan karya kecilku ini kepada*

**Kedua malaikat hidupku, Bapak dan Ibu tercinta yang tak
hentinya berdoa untukku, pemberi semangat, motivasi, kasih
sayang dan cinta sepanjang masa . Melalui karya kecil ini
ananda ingin berterimakasih atas segala cinta dan kasih sayang
yang telah Bapak dan Ibu berikan**

**Seluruh keluarga besar dan adikku yang selalu mendoakan
keberhasilanku**

**Dengan penuh rasa hormat kepada Dr. Agung Abadi
Kiswandono, M.Sc. dan Drs. R. Supriyanto, M.Si., serta
seluruh Dosen Pengajar yang telah membimbingku sampai
menyelesaikan pendidikan sarjana**

**Sahabat dan teman – teman yuang telah memberikan banyak
warna dan pelajaran dalam hidupku**

Almamater tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala bentuk rahmat dan karunia-Nya serta shalawat salam teruntuk Nabi Muhammad SAW. Berbekal ilmu pengetahuan dan pengalaman yang telah diperoleh, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Skripsi dengan judul “*Studi Transpor Fenol Menggunakan Senyawa Pembawa Kopolimer(Eugenol-DVB) Dengan Metode Supported Liquid Membrane (SLM)*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Teriring doa dan segenap ketulusan hati, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang tua Penulis, Bapak Wasis dan Ibu Lili Susanti tercinta yang selalu memberikan doa terbaik, kasih sayang tak terhingga, motivasi dan semangat hidup sepanjang masa. Bapak ibu terimakasih atas cinta dan kasih sayang luar biasa yang telah diberikan kepada penulis. Semoga Allah selalu memberikan kesehatan, rezeki dan kebahagiaan dunia dan akhirat kepada

kalian. Aamiin ya Allah.

2. Bapak Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc. selaku pembimbing I atas segala kebaikan, ilmu, motivasi, kritik, saran, kesabaran dan bimbingan sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik. Atas semua yang telah beliau berikan, semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan atas semua yang beliau berikan. Aamiin.
3. Bapak Drs. R. Supriyanto, M.Si. selaku pembimbing II atas segala saran, nasehat, kesabaran, keikhlasan, bimbingan, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam perencanaan dan penyelesaian penelitian serta skripsi ini. Semoga Allah senantiasa memberikan ridho-Nya dan membalas semuanya dengan kebaikan.
4. Bapak Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc. selaku pembahas atas segala bimbingan, kritik, saran, dan ilmu bermanfaat yang telah diberikan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Allah memberikan keberkahan atas semua yang sudah diberikan.
5. Bapak Dr. Nurhasanah, M.Si selaku pembimbing akademik, penulis mengucapkan terimakasih banyak atas bimbingan, perhatian, nasehat, motivasi, dan kesabaran dalam membimbing penulis terkait permasalahan akademik selama masa perkuliahan ini .
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila.
7. Bapak Prof. Warsito, D.E.A., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila atas seluruh ilmu, bimbingan, perhatian dan pengalaman yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini dengan baik berkat ilmu yang telah diberikan, serta terimakasih kepada staff administrasi Jurusan Kimia FMIPA Unila yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan persyaratan administrasi selama kuliah. Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan-kebaikan bapak dan ibu.
9. Bapak Dr. Hardoko Insan Qudus, M.Si selaku Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi atas izin penggunaan laboratorium yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
10. Mba iin dan Mas Udin selaku Laboran Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi yang telah banyak memberikan saran serta membantu penulis dalam penyediaan alat untuk penelitian.
11. Keluarga besar Alm. Mbah Slamet dan keluarga besar Alm. Mbah Pasrah atas segala motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi.
12. Adikku tersayang Lovando Caesario terimakasih atas segala dukungannya, perhatiannya dan kasih sayang untuk penulis.
13. Bapak, Ibu guru dari TK, SD, SMP, dan SMA yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, pendidikan akhlak serta pengalaman kepada penulis .
Terimakasih banyak, semoga bapak ibu selalu dalam lindungan dan diberikan *Jannah-Nya*.
14. *Special for* Yusuf Hadi Kurniawan terimakasih atas motivasinya, kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini, bantuan kamu sangat

berarti, skripsi ini bisa berhasil salah satunya berkat kerja keras kamu.

Je t'aime !!

15. Sahabat *Cs. Kentel* : Fiska, Rashaan, Uhti, Mala, Risma terimakasih telah menjadi sahabat penulis yang selalu memberikan canda tawa dan hidup penuh warna. *Love you forever.*
16. Sahabat jaman SMA: Rahma, Maulidia, Yerintika, dan Sarah terimakasih menjadi teman yang baik dan menyenangkan.
17. *Semoqk Squad*: Rahma dan Rizka makasi banget untuk jadi teman curhatan, teman nangis, teman curhat, dan teman kulineran selama kuliah. Kalian bakal jadi sahabat yang selalu kurindukan guys.
18. Sahabat *Kance* : Riri, Dela, Yunita, Ara, Lutfi, Ilham, Teguh terimakasih untuk semua kebahagiaan, canda tawa, dan kegaduhan yang menghiasi dunia perkuliahan penulisan berkat kalian dunia jadi penuh warna.
19. *My Partner (Membrane Squad)* : Dela, Ara, Teguh dan Ilham terimakasih atas semua bantuan, kritik, saran, kerjasama, dan kepeduliannya. Susah senangnya penelitian sudah kita lewati, semangat menata karir untuk kita semua.
20. Keluarga kecilku kimia 2014 terimakasih atas kebersamaan selama perkuliahan dan sudah menjadi keluarga baru bagi penulis. Semoga kita semua dimudahkan dalam berkarir setelah lulus dari kimia ini .
21. Kakak tingkat beserta adik-adik angkatan 2015, 2016, dan 2017 yang tidak bisa saya sebutkan. Terimakasih atas persaudaraan dan kekeluargaan kita selama ini, semoga kita semua menjadi orang-orang sukses dan teman-teman sekalian lekas menyelesaikan pendidikan .

22. Almamater tercinta Universitas Lampung
23. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala ketulusan, bantuan, dan doa. Semoga kebaikan yang sudah diberikan selama ini mendapat balasan dari Allah SWT.

Bandar Lampung
Penulis,

Windi Antika

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian	5
C. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Fenol	6
B. Teknologi Membran	8
C. Membran Cair	9
D. <i>Supported Liquid Membrane (SLM)</i>	11
E. Membran <i>Polytetrafluoroethylene (PTFE)</i>	13
F. Senyawa Pembawa	14
G. Eugenol	15
H. Divinil Benzena (DVB)	16
I. Ikatan Silang	17
J. Kopolimerisasi (Eugenol-DVB)	18
K. Instrumen Karakterisasi Senyawa Pembawa dan Membran.....	20
1. FTIR (<i>Forier Transform Infra Red</i>).....	20
2. <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	21
3. Spektrofotometer UV-Vis	22
III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	25
B. Alat dan Bahan	25
C. Prosedur Penelitian.....	26
1. Sintesis Senyawa Pembawa Kopolimer(Eugenol-DVB).....	26
2. <i>Immersion</i>	26
3. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Fenol.....	27
4. Transpor Fenol.....	27
A. Pengaruh pH Fasa Sumber Terhadap Transpor Fenol	27

B. Transpor Fenol dengan Konsentrasi Fasa Penerima (NaOH) Pada pH Optimum Sumber.....	28
C. Transpor Fenol dengan Variasi Waktu <i>Immersion</i> pada pH Optimum Sumber dan Konsentrasi Optimum Fasa Penerima	29
D. Transpor Fenol dengan Variasi Senyawa Pembawa.....	29
E. Transpor Fenol Pada Variasi Waktu Pada pH Optimum Sumber, Konsentrasi Optimum Fasa Penerima dan Waktu <i>Immersion</i> Optimum	30
F. Pengukuran Konsentrasi Fenol Dalam Sampel	30
G. Analisis Data.....	31
H. Diagram Alir Penelitian	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Sintesis Senyawa Pembawa Kopoli(eugenol-DVB)	33
B. Validasi Metode	38
1. Linieritas Kurva Kalibrasi Standar Fenol	39
2. Limit Deteksi.....	40
C. Penentuan Panjang Gelombang Fenol	43
D. Transpor Fenol dengan Variasi pH Fasa Sumber.....	44
E. Transpor Fenol dengan Variasi Konsentrasi Fasa Penerima.....	47
F. Transpor Fenol dengan Variasi Waktu <i>Immersion</i>	48
G. Transpor Fenol dengan Variasi Konsentrasi Senyawa Pembawa	50
H. Transpor Fenol dengan Variasi Waktu Transpor	52
I. Karakterisasi FTIR Membran PTFE	53
J. Karakterisasi SEM Membran PTFE.....	56
K. Pengujian <i>ML Loss</i> Membran PTFE yang Mengandung Kopoli (Eugenol-DVB)	57
V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	60
B. Saran	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan gugus fungsi hasil FTIR eugenol dengan kopoli(eugenol-DVB)	37
2. Titik leleh hasil sintesis kopoli(eugenol-DVB)	38
3. Penentuan linieritas kurva kalibrasi fenol	39
4. Nilai LoD dan LoQ fenol	41
5. Perbandingan gugus fungsi hasil FTIR kopoli(eugenol-DVB), membran PTFE sebelum transpor dan setelah transpor.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur fenol	6
2. Jenis membran cair	10
3. Struktur politetrafluoroetilena (PTFE).....	14
4. Struktur eugenol.....	16
5. Skema peralatan FTIR	21
6. Skema bagan SEM.....	22
7. Skema spektrofotometri UV-Vis	23
8. Reaksi fenol dengan 4-amino antipirin	24
9. Diagram alir penelitian.....	32
10. Hasil polimerisasi kopoli(eugenol-DVB) dalam bentuk (a) gel dan (b) serbuk	33
11. Mekanisme reaksi sintesis kopoli(eugenol-DVB)	35
12. Spektra FTIR (A) eugenol dan (B) kopoli(eugenol-DVB).....	36
13. Kurva linieritas fenol	40
14. Panjang gelombang maksimum fenol.....	43
15. Pengaruh pH fenol terhadap % fenol yang tertransport	44
16. Diagram spesiasi fenol.....	46
17. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap % fenol yang tertransport	47
18. Pengaruh waktu <i>immersion</i> terhadap % fenol yang tertransport	49
19. Pengaruh konsentrasi senyawa pembawa terhadap % fenol yang Tertransport.....	50
20. Pengaruh waktu transport terhadap % fenol yang tertransport	52
21. Perbandingan spektra FTIR (A) Kopoli(eugenol-DVB), (B) Membran Sebelum transport dan (C) Membran setelah transport.....	54
22. Hasil SEM (a) Membran PTFE sebelum transport dan (b) sesudah transport fenol	56
23. % <i>ML Loss</i> terhadap variasi waktu transport	58

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini aktivitas perindustrian sangat meningkat pesat, hal ini berdampak pada meningkatnya jumlah limbah industri yang dihasilkan. Limbah industri yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif, seperti pencemaran lingkungan dan terganggunya kesehatan manusia. Menurut jenisnya limbah dapat diklasifikasikan menjadi limbah padat, cair maupun gas. Kandungan zat-zat berbahaya yang terdapat pada limbah industri sebagian besar terdiri dari logam berat dan senyawa organik. Salah satu contoh senyawa organik berbahaya yang berasal dari buangan limbah industri adalah fenol (Slamet dkk., 2005).

Fenol merupakan suatu material organik yang secara luas digunakan di industri plastik, pelumas, cat, obat-obatan, pertanian dan resin. Fenol diklasifikasikan menjadi salah satu polutan hasil industri yang sangat beracun. Kontaminasi fenol pada konsentrasi di atas ambang batas menyebabkan pencemaran air dan berbahaya bagi manusia (Maslahat dkk., 2016). Apabila fenol masuk ke dalam tubuh dapat merusak protoplasma atau sel-sel darah, dapat mengalami gangguan motoris berupa gangguan otak, trombosis vena, dan neurologis kimiawi. Fenol

juga dapat menimbulkan nekrosis kulit dan apabila terkena mata dapat menimbulkan iritasi (Suprasetyo dan Setiarso, 2016).

Toleransi keberadaan fenol dalam air limbah industri adalah 500 mg/L, jika melebihi batas tersebut akan sulit untuk diuraikan secara biologis (Tchobanoglous *et al.*, 2004). Metode untuk memisahkan dan meminimalisir limbah fenol sudah banyak diterapkan seperti pemanfaatan biosistem tanaman untuk menurunkan kadar fenol dari proses biodegradasi air limbah yang mengandung rhodamin B (Sari dkk., 2016), penurunan kadar fenol dalam limbah cair industri tenun songket dengan proses elektro koagulasi (Atikah, 2016), metode fotokatalisis pada limbah cair lingkungan (Slamet dkk., 2005), fraksinasi destilasi pada limbah cair industri pulp (Sudradjat dan Ning, 1993), metode lumpur aktif secara anaerob pada limbah industri jamu (Ariyani, 2011). Namun, metode klasik seperti cara di atas yaitu fraksinasi, destilasi, ekstraksi pelarut, dan lain-lain, membutuhkan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu teknologi membran untuk pemisahan fenol saat ini sedang dikembangkan, hal ini dikarenakan membran memiliki keunggulan dari segi teknik, energi dan ekonomi (Gherrou *et al.*, 2001).

Membran merupakan suatu lapisan tipis berada diantara dua fasa fluida bersifat sebagai penghalang terhadap spesi tertentu dan membatasi transpor dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya (Pratomo, 2003). Teknik membran cair dapat digunakan sebagai alternatif untuk metode pemisahan fenol dikarenakan memiliki sensitifitas yang tinggi, efisien, biaya yang dikeluarkan cukup ekonomis disebabkan membran memiliki permukaan kontak yang besar untuk transfer masa

serta proses ekstraksi dan *stripping* dalam satu satuan operasi (Valenzuela *et al.*, 2003). Metode membran cair merupakan gabungan dari metode ekstraksi cair-cair dengan tahap penerimaan dalam satu kali proses yang berkelanjutan. Membran cair dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yaitu membran cair ruah (BLM, *Bulk Liquid Membrane*), membran cair emulsi (ELM, *Emulsion Liquid Membrane*), membran cair berpendukung (SLM, *Supported Liquid Membrane*), membran cair terisi (CLM) dan *electrostatic pseudo liquid membrane* (ESPLIM) (Kocherginsky *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2003; Venkateswaran *and* Palanivelu, 2006).

Salah satu jenis metode membran cair dimana cairan organik yang dipakai tidak bercampur antara fasa sumber dan fasa penerima yaitu membran cair berpendukung (*Supported Liquid Membrane*, SLM) (Kocherginsky *et al.*, 2007). Teknik SLM didasarkan pada distribusi cair-cair pada kondisi non kesetimbangan. Senyawa pembawa yang digunakan berupa zat organik yang ditempatkan dalam membran polimer berpori. Teknik SLM telah memperlihatkan kemampuannya yang efektif dan luas untuk ekstraksi berbagai larutan encer, seperti logam-logam (Anupama *and* Palanivelu, 2005), pemisahan CO₂ dari udara (Li *et al.*, 2016), asam lemah (Narayanan *and* Palanivelu, 2008) dan pemisahan fenol dari air limbah (Othman *et al.*, 2015).

Pemisahan senyawa fenol menggunakan senyawa organik sebagai senyawa pembawa telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya diantaranya yaitu menggunakan minyak sayur (Venkateswaran *and* Palanivelu, 2006),

menggunakan tributil posfat (Zidi *et al.*, 2010) dan menggunakan senyawa poliorganosiloksan (Jaber *et al.*, 2005) yang direaksikan dengan senyawa amina dan eter sebagai senyawa pembawanya. Salah satu senyawa pembawa yang dapat digunakan yaitu eugenol. Eugenol dalam daun cengkeh ini dapat digunakan sebagai bahan awal sintesis menjadi polieugenol dan senyawa turunannya melalui taut silang (*cross linked*) karena mengandung tiga gugus fungsional yaitu hidroksi, metoksi dan propenil (Mustikarini, 2007).

Keefektifan ikatan antara senyawa target dengan senyawa turunan polieugenol dapat ditingkatkan dengan polimerisasi adisi menggunakan senyawa-senyawa vinil adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan (Stevens, 2001). Etilen glikol dimetakrilat (EGDMA), dialil ftalat (DAF) dan divinil benzena (DVB) adalah senyawa diena yang dapat mengalami polimerisasi adisi. Divinil benzena (DVB) digunakan dalam industri plastik untuk mengikat silang dan memodifikasi material-material dan untuk membantu proses kopolimerisasi. Adanya ikatan rangkap dua pada divinil benzena (DVB) yang reaktif akan berinteraksi dengan ikatan rangkap dua pada eugenol sehingga terjadi kopolimerisasi yang akan menyebabkan berat molekul hasil polimer menjadi besar (Handayani *et al.*, 2004)

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan studi transpor fenol menggunakan senyawa pembawa kopoli (eugenol-DVB) dimana membran polimer berpori yang digunakan yaitu *polytetrafluoroethylene* (PTFE) dengan metode *Supported Liquid Membrane* (SLM). Penggunaan senyawa pembawa

kopoli(eugenol-DVB) diharapkan mampu meningkatkan selektifitas dan transpor fenol secara optimal.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain yaitu :

1. Melakukan transpor fenol menggunakan senyawa pembawa kopoli(eugenol-DVB) dengan metode *Supported Liquid Membrane* (SLM)
2. Mengetahui pengaruh pH fasa sumber, pengaruh konsentrasi fasa penerima (NaOH), waktu *immersion*, dan waktu pada transpor fenol
3. Mengetahui kemampuan senyawa pembawa kopoli(eugenol-DVB) yang digunakan pada membran berpendukung *Polytetrafluoroethylene* (PTFE) pada transpor fenol

C. Manfaat Penelitian

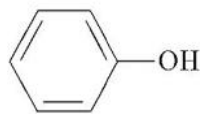
Manfaat dari penelitian ini antara lain yaitu :

1. Menambah informasi baru mengenai pemanfaatan kopoli(eugenol-DVB) sebagai senyawa pembawa pada transpor fenol
2. Memberikan informasi parameter optimum transpor fenol menggunakan kopoli (eugenol-DVB) sebagai senyawa pembawa
3. Berpartisipasi dalam meminimalisir kerusakan lingkungan akibat limbah fenol dengan memaksimalkan kinerja metode membran cair berpendukung (*Supported Liquid Membrane, SLM*)

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Fenol

Asam karbolat atau benzenol atau yang biasa disebut fenol adalah zat kristal tak berwarna yang memiliki bau khas. Rumus kimianya yaitu C_6H_5OH dan memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan cincin fenil. Nama lain fenol adalah karbolik atau asam *phenic*. Baunya yang khas menandakan bahwa fenol adalah salah satu senyawa aromatis. Istilah fenol dalam air limbah tidak hanya terbatas pada ($C_6H_5 - OH$), namun bermacam-macam campuran organik yang terdiri dari satu atau lebih gugusan Hidroliks. Sumber-sumber fenol terdapat pada industri pengolahan minyak, batubara, pabrik kimia, pabrik resin, pengecoran pabrik kertas dan tekstil (Rahman, 2016).



Gambar 1. Struktur Fenol

Fenol ($C_6H_5 - OH$) merupakan monohidroksida turunan benzena dan bersifat *anionik* di dalam larutan air. Keberadaan fenol dalam air dapat menyebabkan pencemaran, karena jika dikonsumsi fenol dapat terakumulasi di dalam tubuh dan bersifat racun. Selain itu fenol juga dapat terdegradasi menjadi senyawa lain yang

bahkan lebih reaktif. Konsentrasi standar maksimal yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI untuk fenol adalah 0,001 mg/l (Rahmi, 2007). Fenol dapat berpotensi merusak protoplasma atau sel-sel darah, dapat mengalami gangguan motoris berupa gangguan otak, trombosis vena, dan neurolisis kimiawi. Fenol juga dapat menimbulkan nekrosis kulit dan apabila terkena mata dapat menimbulkan iritasi, kornea berwarna putih. Selain itu efek sistemik pada umumnya yaitu nyeri kepala, diare, lemah, pusing, penglihatan kabur, muntah dan Panas (Suprasetyo dan Setiarso, 2016).

Penanganan limbah fenol telah banyak dilakukan para peneliti antara lain, (Ariyani, 2011) melakukan penurunan kadar fenol pada kasus limbah industri jamu dengan metode lumpur aktif secara anaerob, namun penurunan kadar fenol kurang efektif pada beban fenol tinggi (lebih dari 6 ml/L). Ning (1993) melakukan pemisahan fenol dari limbah cair industri pulp (*Black Liquor*) dengan cara distilasi-fraksinasi namun metode ini hanya mampu mengekstrak sebanyak 56,3 % fenol. Slamet dkk., (2005) melakukan pengolahan fenol dengan fotokatalis TiO_2 , ZnO-TiO_2 , Dan CdS-TiO_2 , degradasi senyawa fenol menggunakan bakteri laut dilakukan oleh (Dewilda dkk., 2012) dimana keefektifannya ditentukan oleh jenis bakteri dan keadaan lingkungan sekitarnya. Metode yang telah digunakan di atas memiliki beberapa kelemahan diantaranya biaya operasional tinggi, pembentukan produk samping yang berbahaya dan efisiensi yang rendah (Stanisavljevi and Nedi, 2004). Oleh karena itu dicari alternatif lain yang dapat menangani limbah fenol yaitu menggunakan membran cair (Kiswandono, 2016).

B. Teknologi Membran

Membran merupakan suatu lapisan tipis berada diantara dua fasa fluida bersifat sebagai penghalang terhadap spesi tertentu dan membatasi transpor dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya (Pratomo, 2003). Proses pemisahan dengan menggunakan membran pada pemisahan fasa cair-cair didasarkan atas ukuran partikel dan beda muatan dengan gaya dorong (*driving force*) berupa beda tekanan, medan listrik dan beda konsentrasi. Pemisahan dengan membran tergolong hal yang baru dan cepat berkembang. Saat ini membran tidak hanya digunakan dalam proses biologi namun digunakan dalam dunia industri, seperti dalam proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi (Kislik, 2010). Keunggulan teknologi pemisahan menggunakan membran antara lain yaitu :

1. pemisahan dapat dilakukan secara berkelanjutan
2. Energi yang dibutuhkan lebih rendah dikarenakan pemisahan menggunakan membran tidak melibatkan perubahan fasa, walaupun ada perubahan fasa seperti pada distilasi membran, namun temperatur yang dibutuhkan jauh lebih rendah dari pada titik didih larutan yang akan dipisahkan
3. Dapat digabungkan dengan proses pemisahan lain (*hybrid processing*)
4. Pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang diinginkan
5. Tidak perlu tambahan zat kimia dan produk buangan
6. komponen membran bervariasi sehingga dapat divariasikan sesuai kebutuhan (Agustina, 2006).

Membran dapat memisahkan dan mengambil kembali fenol dalam satu tahap.

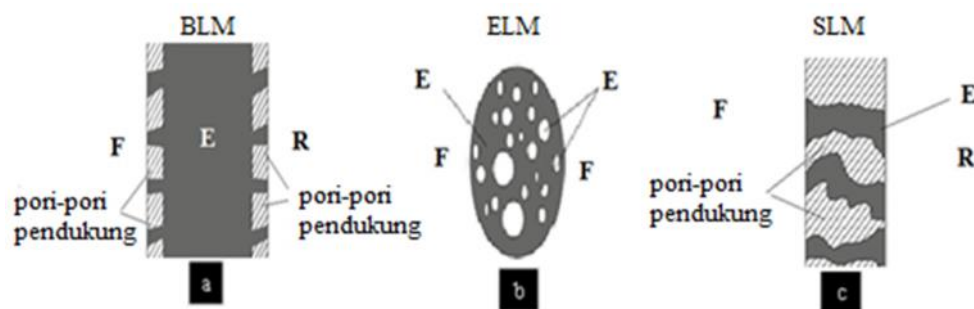
Menurut (Kaminski *and* Kwapinski, 2000) membran cair memiliki kemampuan

yang selektif dalam transpor komponen yang berada pada sisi yang terpisah. Proses pemisahan dengan membran cair dapat dilakukan pada suhu kamar, tidak bersifat destruktif dan dapat dikombinasikan dengan proses lainnya tanpa penambahan zat lain sehingga membran dapat digunakan dalam berbagai aspek atau proses pemisahan dan penghilangan, seperti pemisahan dan penghilangan senyawa organik serta ekstraksi ion logam (Shipra, 2009), ekstraksi bismuth (Reyes-Aguiler *et al.*, 2008), pemisahan zat warna (Muthuraman *and* Palanivelu, 2006; Nisola *et al.*, 2010) dan pemisahan fenol (Kiswandono, 2010).

C. Membran Cair

Salah satu teknologi pemisahan terbaru yaitu membran cair. Membran cair dapat digunakan sebagai alternatif untuk metode pemisahan karena memiliki sensitifitas tinggi, ekonomis dan efisien hal ini dikarenakan permukaan kontak yang besar untuk transfer masa serta proses ekstraksi dan *stripping* dalam satu satuan operasi. Kapasitas membran cair dalam mentranspor suatu analit ditentukan oleh luas permukaan kontak dan tegangan antar fasa (fasa sumber - fasa membran) dan (fasa *membrane* – fasa *stripping*) (Valenzuela *et al.*, 2003). Teknik transpor membran cair melibatkan tiga fasa yaitu fasa donor, mengandung bahan yang akan dipisahkan, fasa membran berisi senyawa pembawa dalam pelarut organik dan fasa akseptor yang berisi basa sebagai agen pelepas dari kompleks senyawa pembawa. Senyawa pembawa merupakan salah satu komponen dalam membran sehingga proses pemisahan dapat berjalan. Fungsi senyawa pembawa adalah memfasilitasi senyawa target melalui membran (Kiswandono *et al.*, 2012).

Beberapa peneliti mengklasifikasikan membran cair menjadi lima tipe, yaitu membran cair ruah (BLM, *Bulk Liquid Membrane*), membran cair emulsi (ELM, *Emulsion Liquid Membrane*), membran cair berpendukung (SLM, *Supported Liquid Membrane*), membran cair terisi (CLM) dan *electrostatic pseudo liquid membrane* (ESPLIM) (Kocherginsky *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2003; Venkateswaran *and* Palanivelu, 2006), sedangkan (Wang *et al.*, 2000) menyebutkan lima jenis membran cair lainnya yaitu membran cair emulsi (ELM), membran cair berpendukung gel (*gelled supported liquid membrane*, GSLM), membran cair polimer (*polymer liquid membrane*, PLM), BLM dan SLM.



Gambar 2. Tiga jenis membran cair (a) BLM, (b) ELM, (c) SLM (F: fasa sumber, R: Fasa penerima, E: Fasa Membran (Kislik, 2010).

BLM terdiri dari fasa sumber (cair) yang ruah dan fasa pelucut (cair) yang dipisahkan oleh larutan organik. Kekurangan dari BLM adalah luas permukaan membrannya kecil sehingga penggunaan BLM hanya terbatas skala kecil yaitu skala laboratorium (Kislik, 2010). ELM merupakan membran cair dimana fasa pelucutnya merupakan fasa emulsi dari campuran membran cair. Teknik pemisahan ini menggabungkan antara ekstraksi dan *stripping*. Fasa membran adalah emulsi tipe air dalam minyak dan sebagai bahan fasa pendispersi adalah fasa organik (FO) dan fasa terdispersi adalah fasa air, emulsi cair

melibatkan dua zat cair yang tercampur, tetapi tidak dapat saling melarutkan, dapat juga disebut zat cair polar (air) dan zat cair non-polar (minyak atau FO). ELM memiliki kekurangan yaitu dapat merusak pemisahan, hal ini karena adanya pembawa emulsi yang tidak cukup stabil dan sulit memecah emulsi. Dalam mengatasi kekurangan pada BLM dan ELM biasanya digunakan teknik membran cair lainnya yaitu SLM. Metode SLM sering digunakan oleh peneliti karena memiliki banyak keuntungan daripada tipe membran yang lainnya (Park *et al.*, 2006).

D. *Supported Liquid Membrane (SLM)*

Salah satu jenis metode membran cair dimana cairan organik yang dipakai tidak bercampur antara fasa sumber dan fasa penerima yaitu membran cair berpendukung (*Supported Liquid Membrane, SLM*) (Kocherginsky *et al.*, 2007). Teknik SLM dikembangkan dari teknik ekstraksi pelarut, yaitu berdasarkan distribusi cair-cair non kesetimbangan yaitu dengan mengamobilkan zat pengekstraksi (*carrier*) pada suatu membran polimer berpori, sehingga akan meningkatkan selektivitas transpor dan juga jumlah pengekstraksi yang diperlukan menjadi sangat sedikit (kurang dari 1 % dari yang diperlukan pada ekstraksi pelarut biasa. Pada teknik SLM digunakan membran berpori yang diimpregnasi dengan pembawa pengompleks untuk memisahkan fasa umpan dan penerima (Sulaeman dan Mardiana, 2006). SLM memiliki dua senyawa pendukung antara lain yaitu :

1. Polimer

Penggunaan senyawa pendukung berpengaruh pada stabilitas SLM, umur hidup dan kemampuan membran cair. Polimer yang dijadikan senyawa pendukung pada SLM harus memenuhi karakteristik memiliki hidrofobisitas yang tinggi, porositas yang tinggi, dan ukuran pori yang kecil. Fungsi senyawa pendukung dalam suatu SLM adalah untuk mengimobilisasi membran cair.

Polimer yang biasanya dijadikan senyawa pendukung pada membran berlapis yaitu polipropilena (PP), polietilena (PE) dan poli(tetrafluoroetilena) (PTFE) dan PVC

2. Pendukung anorganik

Bahan-bahan anorganik seperti logam, logam oksida dan zeolit juga dapat dijadikan senyawa pendukung dalam SLM. Salah satu keuntungan menggunakan bahan anorganik adalah memiliki stabilitas termal dan mekanik serta memiliki daya tahan terhadap pelarut. Pembentukan membran anorganik biasanya dilakukan dengan sintesis hidrotermal, proses sol gel, dan lain-lain (Kocherginsky *et al.*, 2007).

Senyawa pembawa dapat dimobilisasi dengan senyawa pendukung sehingga senyawa yang diinginkan dapat tertransportasi dengan baik. Kelebihan dari SLM adalah dapat digunakan sebagai penghalang fasa sumber dan fasa pelucut karena cairan organik yang berada dalam pori-pori kecil polimer pendukung tidak bercampur dengan fasa sumber dan fasa penerima (Kocherginsky *et al.*, 2007).

Menurut Ferraz *et al.*, (2007) mekanisme transport senyawa melewati membran cair dibagi menjadi beberapa tahap antara lain difusi antara senyawa target dengan

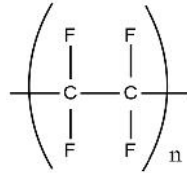
senyawa pembawa pada membran, pembentukan kompleks senyawa atau interaksi senyawa target dengan senyawa pembawa dan pelepasan senyawa target ke fasa penerima.

Menurut Venkateswaran *and* Palanivelu (2006) dibandingkan dengan BLM dan ELM, SLM hanya membutuhkan biaya yang rendah, operasional yang mudah, penggunaan energi yang rendah, dengan jumlah ekstrak mahal yang dikurangi tetap menghasilkan selektivitas yang baik. Metode SLM juga dapat dibuat dari immobilisasi fasa membran diantara dua lapisan nonpori yang bersifat *permeable* untuk transpor suatu senyawa (Kislik, 2010). Pada transpor solut dengan metode SLM, cairan organik berada di dalam pori-pori kecil suatu polimer pendukung. Jika cairan organik tersebut tidak bercampur dengan fasa sumber dan fasa pelucut, maka SLM dapat digunakan sebagai penghalang fasa sumber dan penerima, SLM juga memiliki selektivitas yang baik, menggunakan sedikit ekstrak dan konsumsi (Kocherginsky *et al.*, 2007).

E. Membran *Polytetrafluoroethylene* (PTFE)

Politetrafluoroetilena (PTFE) adalah fluoropolimer sintetik dari tetrafluoroetilena. PTFE merupakan padatan fluorokarbon, yang merupakan senyawa dengan berat molekul tinggi yang seluruhnya terdiri dari karbon dan fluorin. PTFE bersifat hidrofobik, air maupun bahan kimia yang mengandung air tidak dapat membasahi PTFE karena adanya kekuatan dispersi London dari fluorokarbon dari tingginya elektronegativitas fluor (Anonymous, 2018). Karakteristik yang dimiliki PTFE yaitu kuat dan tahan asam, basa, dan pelarut, tahan terhadap panas sampai kira-

kira 250°C dan di atas 250°C teflon mulai melunak, bebas dari bahan kimia pengganggu, akurat untuk analisis gravimetri (Anonymous, 2000).



Gambar 3. Struktur politetrafluoroetilena (PTFE)

Beberapa peneliti melaporkan bahwa teknik SLM menggunakan membran PTFE telah dilakukan untuk pemisahan fenol seperti yang dilakukan oleh Venkateswaran *and* Palanivelu (2006) menggunakan minyak sayur, Badgujar dan Rastogi (2011) menggunakan trigliserida, Kazemi *et al.*, (2014) menggunakan minyak wijen dan tributil fosfat. Pemisahan fenol menggunakan teknik SLM didasarkan pada perbedaan kelarutan fenol di antara fasa larutan dan fasa organik. Teknik ini menggunakan membran berpori yang diimpregnasi dengan pembawa pengompleks untuk memisahkan fasa umpan dan penerima. Zat pengestrak dalam fasa organik yang ditempatkan dalam membran polimer berpendukung berpori yang berfungsi sebagai senyawa pembawa (Djunaidi dan Haris, 2003).

F. Senyawa Pembawa

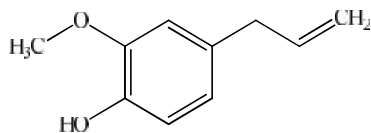
Senyawa pembawa merupakan salah satu komponen dalam membran sehingga proses pemisahan dapat berjalan. Pada teknik membran cair, senyawa pembawa (*carrier*) sebagai fasilitator yang terdapat pada fasa membran memainkan peranan penting dan merupakan hal penentu dalam kinerja pemisahan. Proses transpor senyawa target diawali dengan difusi senyawa target pada fasa sumber melewati

pembatas *layer* (lapisan), kemudian terjadi penyerapan senyawa target pada fasa antarmuka sumber-membran. Senyawa target tertransport di fasa membran dan melewati fasa membran kemudian terjadi desorpsi pada fasa antarmuka membran-penerima, akhirnya senyawa target terdifusi kembali di fasa penerima (Kiswandono dkk., 2015). Berbagai jenis senyawa pembawa telah digunakan dengan beberapa metode membran cair contohnya seperti yang dilakukan oleh Canet and Seta (2001) yaitu pemisahan logam Cd^{2+} dan Zn^{2+} pada *Supported Liquid Membrane* menggunakan lasaloid, Tetra dkk., (2007) menggunakan teknik membran cair fasa ruah menggunakan senyawa pembawa oksin pada transport ion Cu^{2+} , Santoso dkk., (2010) menggunakan teknik membran emulsi pada ekstraksi emas dari limbah papan sirkuit telepon genggam. Pemisahan fenol dengan metode SLM juga telah banyak dilakukan menggunakan beberapa senyawa pembawa seperti yang dilakukan oleh Jaber *et al.*, (2005) menggunakan Co Metilhidrosiloksan-dimetilsiloksan, Venkateswaran and Palanivelu (2006) menggunakan minyak sayur, Huidong *et al.*, (2009) menggunakan tributyl fosfat, dan Ashraf and Malack (2005) menggunakan polypropilen glikol. Saat ini penggunaan senyawa bahan alam sedang banyak digunakan sebagai senyawa pembawa dalam pemisahan menggunakan membran antara lain seperti penggunaan tanin (Setiyawan, 2017) dan polieugenol (Dewi, 2010).

G. Eugenol

Senyawa eugenol adalah komponen utama yang terdapat dalam minyak cengkeh sekitar 70-90%, dan merupakan cairan tak berwarna atau kuning pucat yang bila terkena cahaya matahari berubah menjadi coklat hitam yang berbau spesifik

(Towaha, 2012). Eugenol bersifat larut dalam alkohol, kloroform dan eter. Rumus molekul eugenol adalah $C_{10}H_{12}O_2$ dengan berat molekul sebesar 164,2 g/mol dan titik didih $253\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Bulan, 2004).



Gambar 4. Struktur eugenol

Syarat polimer yang dapat digunakan sebagai *carrier* pada fasa membran yaitu mempunyai berat molekul yang tinggi serta memiliki struktur yang memungkinkan terjadinya interaksi dengan senyawa yang akan ditranspor (Walkowiak, 2002). Eugenol digunakan sebagai bahan awal sintesis suatu senyawa karena adanya tiga gugus fungsional yang terikat padanya, yaitu gugus alil, hidroksi dan metoksi. Melalui gugus alil, eugenol mampu dipolimerisasi menjadi polieugenol (Ngadiwiyana, 2005). Dengan melakukan polimerisasi eugenol dan pemasukan gugus aktif yang diharapkan selektif, maka dapat ditingkatkan pemanfaatan potensi eugenol yang melimpah di bumi Indonesia sebagai bahan jadi untuk senyawa pembawa dengan teknik membran cair (Djunaidi dkk., 2010).

H. Divinil Benzena (DVB)

Rumus molekul divinil benzena $C_{10}H_{10}$, titik didihnya 195°C , tidak larut dalam air dan larut dalam etanol dan eter, dan memiliki titik nyala 76°C . Stiren dan divinil benzena bereaksi secara bersama-sama menghasilkan kopolimer stirena divinil benzena ketika bereaksi bersama-sama dengan stirene. Divinil benzena bersifat

resistansi terhadap tekanan retak, bahan kimia, panas distorsi, kekerasan dan kekuatan sehingga sering digunakan sebagai pengikat sambung silang (*Cross linker*) dalam industri plastik untuk mengikat silang dan memodifikasi material-material dan untuk membantu proses kopolimerisasi (Anisa dkk., 2016).

Penambahan agen pengikat sambung silang akan menghasilkan ikatan kimia yang kuat dalam campuran sehingga menyebabkan agregat yang terlibat dalam campuran akan terperangkap di antara ikatan sambung silang (Ritonga, 2017).

I. Ikatan Silang

Ikatan antara dua rantai polimer yang bergabung satu sama lain melalui suatu cabang (*branch*) disebut ikatan silang. Ikatan silang dapat terbentuk pada waktu proses pemolimeran awal atau oleh reaksi selanjutnya. Gugus fungsi disepanjang rantai polimer harus diaktifkan bila pembentukan ikatan silang terjadi setelah pemolimeran awal. Dalam beberapa hal, gugus fungsi dari monomer membentuk ikatan silang dan dalam keadaan lain haruslah ditambahkan molekul kecil tambahan untuk memicu dan berperan dalam proses pembentukan ikatan silang (Prawira, 2007).

Cross linking terjadi antar ikatan valensi. Pembentukan rantai polimer tidak hanya terjadi antara monomer saja, namun ikatan polimer yang lain terbentuk diantara polimer tetangganya. Ikatan ini dapat terbentuk secara langsung diantara rantai tetangganya, atau dua rantai dapat terikat menjadi rantai yang lain.

Cross link mempunyai peran yang sangat penting pada polimer walaupun tidak sekuat ikatan pada rantai. Ikatan *cross link* mencegah rantai untuk berpisah

apabila ikatan polimer diregangkan. Ikatan ini berfungsi untuk memperkuat, namun ketika tegangan dihilangkan maka struktur akan kembali ke bentuk semula (Yuniarti, 2012).

J. Kopolimerisasi (Eugenol-DVB)

Polimer adalah suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia. Suatu polimer akan terbentuk jika seratus atau seribu monomer, saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda (Hart, 2003). Polimer yang terbentuk dari beberapa jenis monomer yang berbeda disebut kopolimer. Kopolimer dibuat dengan lebih dari satu jenis monomer dengan proses kopolimerisasi. Hal tersebut bertujuan untuk menghasilkan sifat-sifat yang lebih baik atau mencari sifat lain dari polimer yang dapat dimanfaatkan (Amalia, 2012).

Reaksi kopolimer antara eugenol dengan DVB dapat terjadi dengan melibatkan gugus diena dengan reaksi polimerisasi adisi. Etilen glikol dimetakrilat dan p atau m divinil benzena (DVB) adalah contoh monomer-monomer yang memiliki gugus Diena yang sering digunakan dalam kopolimerisasi untuk memperoleh struktur tersambung silang (*cross linked*) dalam hasil akhirnya. Jumlah diena relatif terhadap monomer yang lain serta jenis diena yang digunakan akan mempengaruhi tingkat sambung silang yang dihasilkan. DVB berperan sebagai agen penyambung silang antar monomer dan diharapkan kopolimer yang

dihasilkan memiliki sifat-sifat yang lebih baik daripada tiap-tiap homopolimer penyusunnya (Kiswando *et al.*, 2014).

Kopoli (eugenol-DVB) memiliki struktur benzena yang memungkinkan terjadinya interaksi dengan cincin aromatis pada fenol. Benzena memiliki enam karbon sp^2 dalam sebuah cincin. Cincin datar dan tiap karbon memiliki sebuah orbital p tegak lurus pada bidang cincin ini. Tumpang tindihnya keenam orbital p mengakibatkan terbentuknya enam orbital molekul π , hal ini menyebabkan interaksi π - π yang terbentuk dari dua cincin benzena atau lebih. Maka dari itu interaksi yang terjadi pada polieugenol dan fenol pada proses transpor fenol adalah ikatan hidrogen dan interaksi π - π (Kiswando, 2010).

Struktur dari kopoli (eugenol-DVB) memiliki kemiripan dengan polieugenol. Hal ini dikarenakan adanya gugus $-OH$ dan senyawa benzena, sehingga dapat diprediksi bahwa ikatan dan interaksi yang terbentuk antara kopoli (eugenol-DVB) dengan fenol adalah ikatan hidrogen dan interaksi π - π . Interaksi π - π fenol dan kopoli (eugenol-DVB) dapat terbentuk dari benzena yang berasal dari struktur DVB dan benzena yang berasal dari eugenol sehingga kedua benzena tersebut akan berinteraksi membentuk ikatan π - π dengan fenol pada proses transpor fenol. Melalui ikatan hidrogen dan interaksi π - π antara fenol dan kopoli (eugenol-DVB) mekanisme transpor fenol dengan membran kopoli(eugenol-DVB) dapat diprediksi. Selain itu, reaksi fenol dengan basa pada fasa penerima, anion fenolat tidak dapat kembali ke membran hidrofobik maupun ke fasa sumber. komponen fenolik harus berada pada keadaan tidak terdisosiasi pada fasa sumber dan sebagai

ion fenolat pada fasa pelucut untuk terjadinya transpor pada membran, pada kondisi ini transpor fenol akan dipengaruhi oleh pH fasa sumber (Le *et al.*, 2002).

K. Instrumen Karakterisasi Senyawa Pembawa dan Membran

Pada penelitian ini dilakukan beberapa karakterisasi meliputi analisis gugus fungsi dan komponen kimia terhadap hasil sintesis membran dengan menggunakan *Fourier Transform infra Red* (FTIR), analisis morfologi permukaan membran menggunakan SEM, analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi fenol yang berada pada fasa sumber dan fasa penerima setelah transpor fenol berlangsung.

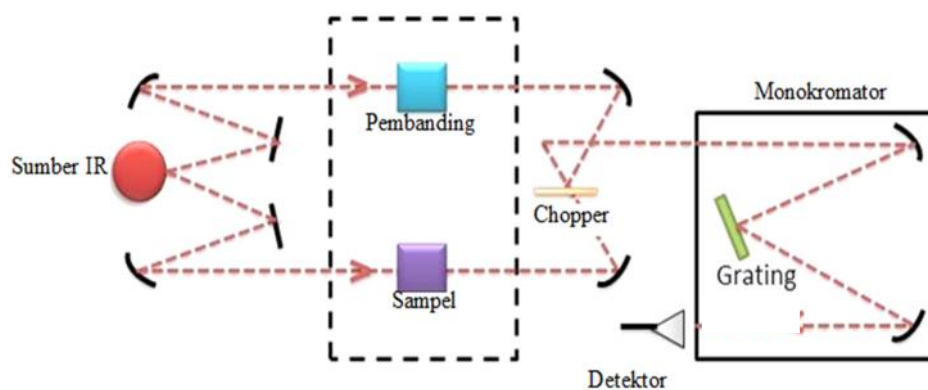
1. FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

FTIR adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas atau *Raman Scattering* dari sampel padat, cair dan gas. Tujuan karakterisasi dengan menggunakan FTIR yaitu untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. Selain itu FTIR juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindryawati dan Alimuddin, 2010).

Spektrum sampel yang dapat dianalisis menggunakan FTIR adalah organik, aromatik, alifatik dan karbonil. *Spektrofotometri Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merupakan perkembangan baru dari spektrofotometri infra merah. Pada prinsipnya karakterisasi menggunakan FTIR/IR digunakan untuk menentukan

gugus-gugus fungsional yang ada pada suatu senyawa, sehingga dapat digunakan untuk menentukan suatu senyawa yang belum diketahui (Fessenden dan Fessenden 1999).

Prinsip kerja FTIR yaitu energi *infrared* akan melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* akan diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* masuk ke detektor dan sinyal yang terukur dikirim ke komputer (Thermo, 2001).

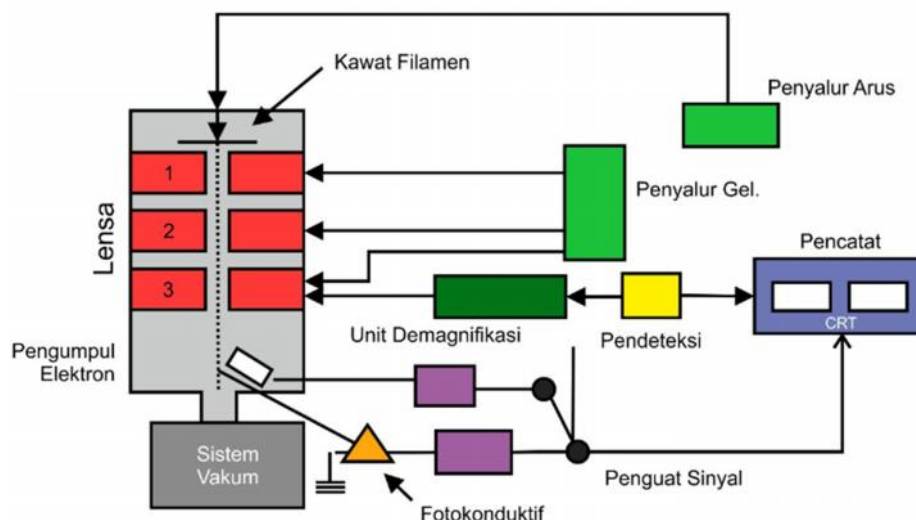


Gambar 5. Skema peralatan FTIR (Aprilia, 2012)

2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah alat yang berfungsi untuk uji mikrostruktur pada sebuah sampel (Febriany, 2010). SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang dapat mengamati dan menganalisis karakteristik struktur mikro dari bahan padat yang konduktif maupun yang nonkonduktif. Pada prinsipnya mikroskop elektron dapat mengamati morfologi, struktur mikro, komposisi, dan distribusi unsur. Untuk menentukan komposisi unsur secara kualitatif dan kuantitatif perlu dirangkaikan

satu perangkat alat EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectrometer*) atau WDS (*Wavelength Dispersive X-ray Spectrometer*) (Handayani dkk., 2004).



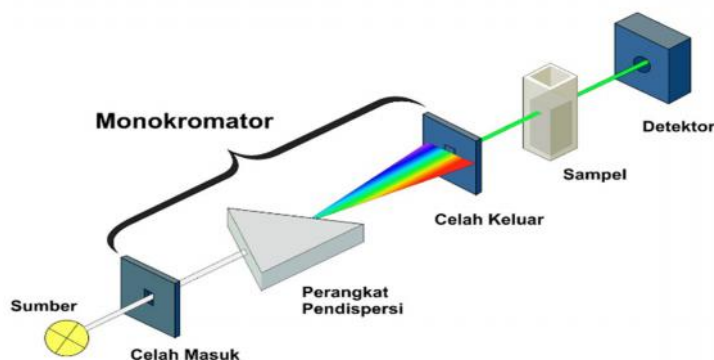
Gambar 6.Skema bagan SEM

3. Spektrofotometer UV-Vis

Spektroskopi ultraviolet-visible (UV-Vis) merupakan teknik analisis yang memiliki fungsi untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam molekul; kedua dan digunakan untuk pengukuran. Absorpsi radiasi elektromagnetik pada spektroskopi UV-Vis yaitu berada pada kisaran 200-800 nm. Spektrum UV-Vis merupakan spektrum yang kompleks dan nampak seperti pita absorpsi berlanjut, hal ini dikarenakan gangguan yang besar dari transisi rotasi dan vibrasi pada transisi elektronik memberikan kombinasi garis yang tumpang tindih (*overlapping*). (Hunger and Weitkamp, 2001).

Eksitasi elektron adalah perpindahan elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi. Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan

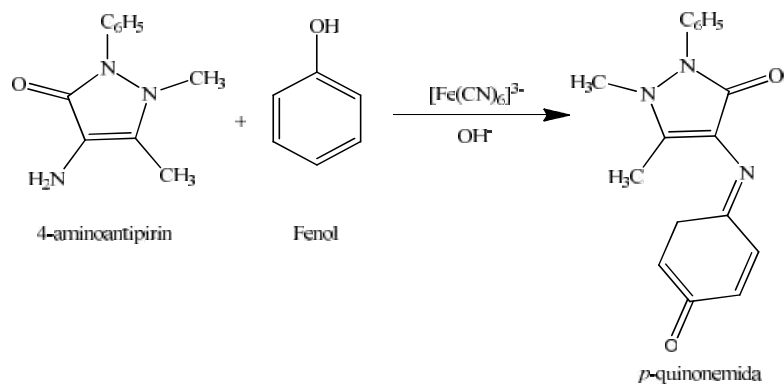
energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm. Daerah ini dikenal dengan daerah ultraviolet hampa, namun kondisi ini sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan informasi untuk penentuan struktur. Serapan di atas 200 nm merupakan daerah eksitasi dari orbital p, orbital d, dan orbital terutama sistem terkonjugasi. Penggunaan spektrofotometri UV-Vis didasarkan hukum Lambert-Beer yang didasarkan atas pengukuran absorbansi yang diserap sampel pada panjang gelombang tertentu sehingga konsentrasinya akan diketahui (Dachriyanus, 2004). Senyawa yang dapat dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis merupakan senyawa yang memiliki gugus kromofor seperti adanya ikatan rangkap terkonjugasi dan gugus hidroksil (-OH). Serapan pada spektroskopi tergantung dari jumlah ikatan rangkap yang terkonjugasi (Yim *et al.*, 2004).



Gambar 7. Skema Spektrofotometri UV-Vis (Pangestu, 2011)

Spektrofotometri UV-Vis dapat digunakan untuk analisis fenol dengan 4-AAP sebagai reagen pengompleks (Venkateswaran *and* Palanivelu, 2006). Menurut Badan Standardisasi Nasional SNI 06-6989.21-2004 prinsip kerja penentuan fenol dengan 4-AAP didasarkan pada reaksi warna dari fenol dengan 4-aminoantipirin dalam suasana $K_3Fe(CN)_6$. Jika larutan berwarna sudah terbentuk kemudian

diekstraksi dari larutan fenol menggunakan kloroform dan absorbansinya diukur pada panjang gelombang 460 nm. Konsentrasi senyawa fenol dinyatakan mg/L.



Gambar 8. Reaksi fenol dengan 4-aminoantipirin (4-AAP) (Sousa *and* Trancoso, 2009).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan April 2018 sampai Juli 2018. Karakterisasi membran menggunakan FTIR dan SEM yang dilakukan di Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi dan Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung, analisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis dilakukan di laboratorium kimia analitik dan Instrumentasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini, yaitu pH meter, corong pisah, alat penunjang berupa alat-alat gelas dan plastik, neraca analitik (Mettler Toledo AB54-S), satu set rangkaian alat transpor fenol (*chamber* atau pipa transpor, *stirrer* dan pengaduk magnet), desikator, spektrofotometer UV-Vis merk Hitachi Model U 2010, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merk Zeiss evo MA10, spektrofotometer inframerah merk Cary 630 Agilent.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, eugenol, divinil benzena (DVB), Na_2SO_4 , membran Politetrafluoroetilena (PTFE) 0,5 μm , akuades dan akuabides, bahan kimia semua kualitas *pure analysis* produksi *Merck* yaitu fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), kloroform (CHCl_3), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), 4-aminoantipirin, $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, NH_4OH , pH indikator, buffer posfat.

C. Prosedur Penelitian

1. Sintesis Senyawa Pembawa Kopoli(eugenol-DVB)

Eugenol 5,8 g dimasukkan ke dalam labu leher tiga 250 mL dan ditambahkan DVB pada labu leher tiga dengan berat 0,464 g (8 % terhadap eugenol) kemudian ditambahkan 1,0 mL $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ sebagai katalis. Reaksi polimerisasi dilakukan hingga satu malam dan dihentikan dengan menambahkan 1,0 mL metanol. Gel merah yang terbentuk dilarutkan dalam kloroform kemudian dicuci dengan akuabides hingga pH netral. Lapisan organik ditambah Na_2SO_4 anhidrat kemudian didekantasi. Pelarutnya diuapkan dengan labu penguap putar pada suhu 40 °C dan residu disimpan dalam desikator. Padatan atau polimer yang terbentuk ditentukan titik lelehnya dan dikarakterisasi menggunakan FTIR.

2. Immersion

Membran PTFE direndam menggunakan akuabides selama 2 jam kemudian dikeringkan menggunakan tisu setelah itu membran dicelupkan ke dalam pelarut kloroform sebanyak 5 mL yang mengandung kopoli eugenol-DVB 8 % dengan konsentrasi 0,01 M. Proses pencelupan dilakukan selama 1 jam kemudian

membran diangkat dan didiamkan sejenak. Hasilnya berupa membran SLM yang telah mengandung senyawa pembawa kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR.

3. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Fenol

Sebanyak 5 mL fenol 30 ppm ditambahkan dengan 5 mL akuades sehingga volumenya menjadi 10 mL dan ditambahkan dengan NH_4OH 1M dan pHnya diatur menjadi 9,8-10,2 menggunakan buffer fosfat. Kemudian, ditambahkan dengan 1 mL larutan 4-aminoantipirin 2% dan 1 mL larutan kalium ferrisianida 8% lalu dikocok dan didiamkan selama 2 jam sampai terjadi perubahan warna (merah muda). Setelah terjadi perubahan warna, larutan dipindahkan ke dalam corong pisah dan ditambahkan dengan 5 mL kloroform. Corong pisah dikocok dan didiamkan beberapa saat hingga terjadi pemisahan, kemudian lapisan kloroform dipisahkan dan dilakukan pengukuran absorbansi pada ekstrak larutan kloroform menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada (panjang gelombang) 370 nm sampai 600 nm untuk mendapatkan panjang gelombang maksimum (Muktiarti, 2011).

4. Transpor Fenol

A. Transpor fenol dengan variasi pH sumber

Membran PTFE ditempatkan di tengah-tengah pipa transpor, kemudian ditambahkan 40 mL NaOH encer sebagai fasa penerima dan 40 mL fenol 60 ppm sebagai fasa sumber yang telah diatur pHnya yaitu 3,5; 4,5; 5,5; 6,5 dan 7,5. Pipa

transpor ditutup dan diaduk dengan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerima selama 9 jam pada suhu kamar. Setelah selesai diaduk, fasa sumber dan fasa penerima diambil sampelnya. Konsentrasi fenol yang terdapat di dalam fasa sumber dan fasa penerima dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis merujuk pada prosedur pengukuran konsentrasi fenol dalam sampel menggunakan panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan (Kiswandono, 2014).

B. Transpor fenol dengan variasi konsentrasi fasa penerima (NaOH) pada pH optimum sumber

Membran PTFE ditempatkan di tengah-tengah pipa transpor, kemudian ditambahkan 40 mL fenol 60 ppm sebagai fasa sumber dengan pH optimum dan 40 mL NaOH 0,01; 0,05; 0,1; 0,25 dan 0,5M sebagai fasa penerima, lalu pipa transpor ditutup dan diaduk menggunakan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerima selama 9 jam pada suhu kamar. Setelah selesai diaduk, fasa sumber dan fasa penerima diambil sampelnya. Konsentrasi fenol yang terdapat di dalam fasa sumber dan fasa penerima dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis merujuk pada prosedur pengukuran konsentrasi fenol dalam sampel menggunakan panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan (Kiswandono, 2014).

C. Transpor fenol dengan variasi waktu *immersion* pada pH optimum sumber dan konsentrasi optimum fasa penerima

Membran tipe B dengan dengan variasi waktu *immersion* 0 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit ditempatkan di tengah pipa transpor fenol. Kemudian ditambahkan 40 mL NaOH dan 40 mL fenol 60 ppm sebagai fasa sumber dengan kondisi optimum. Pipa transpor ditutup dan diaduk dengan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerima selama 9 jam pada suhu kamar. Setelah selesai diaduk, fasa sumber dan fasa penerima diambil sampelnya. Konsentrasi fenol yang terdapat di dalam fasa sumber dan fasa penerima dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis merujuk pada prosedur pengukuran konsentrasi fenol dalam sampel menggunakan panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan (Kiswandono, 2014).

D. Transpor fenol dengan variasi senyawa pembawa

Membran PTFE dengan konsentrasi senyawa pembawa 0 M; 0,005 M; 0,01 M; 0,015 M dan 0,020 M ditempatkan di tengah pipa transpor, kemudian ditambahkan 40 mL NaOH dan 40 mL fenol 60 ppm sebagai fasa sumber. Pipa transpor ditutup dan diaduk selama 9 jam dengan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerima dengan waktu optimum pada suhu kamar. Setelah selesai diaduk, fasa sumber dan fasa penerima diambil sampelnya. Konsentrasi fenol yang terdapat di dalam fasa sumber dan fasa penerima dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis merujuk pada prosedur pengukuran konsentrasi fenol dalam sampel menggunakan panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan (Kiswandono, 2014).

E. Transpor fenol pada variasi waktu pada pH optimum sumber, konsentrasi optimum fasa penerima, dan waktu *immersion* optimum

Membran dengan kondisi optimum ditempatkan di tengah-tengah pipa transpor, kemudian ditambahkan 40 mL NaOH sebagai fasa penerima dan 40 mL fenol 60 ppm sebagai fasa sumber dengan kondisi optimum. Pipa transpor ditutup dan diaduk dengan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerima dengan beberapa variasi waktu 3 jam, 6 jam, 9 jam, 12 jam, 15 jam, 18 jam, 21 jam, 24 jam, 27 jam pada suhu kamar. Setelah selesai diaduk, fasa sumber dan fasa penerima diambil sampelnya. Konsentrasi fenol yang terdapat di dalam fasa sumber dan fasa penerima dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis merujuk pada prosedur pengukuran konsentrasi fenol dalam sampel menggunakan panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan (Kiswandono, 2014).

F. Pengukuran konsentrasi fenol dalam sampel

Sebanyak 5 mL sampel dari fasa sumber dan fasa penerima serta larutan standar fenol dengan beberapa variasi konsentrasi 10 ppm, 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm dan 90 ppm masing-masing ditambahkan dengan 5 mL akuabides sehingga volumenya menjadi 10 mL. Larutan tersebut diatur pH-nya menjadi $10 \pm 0,2$ dengan menggunakan NH_4OH , buffer fosfat dan HCl untuk fasa penerima, kemudian ditambahkan 1 mL 4-amino antipirin 2% dan kalium ferrisianida 8%. Larutan tersebut didiamkan selama 2 jam sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda. Setelah terjadi perubahan warna, larutan dipindahkan ke dalam corong pisah dan ditambahkan dengan 5 mL kloroform. Corong pisah dikocok

dan didiamkan beberapa saat hingga terjadi pemisahan, kemudian lapisan organik atau lapisan kloroform (bagian bawah) dipisahkan. Ekstrak kloroform yang diperoleh diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan sebelumnya (Kiswandono, 2014).

G. Analisis Data

Pada saat setelah pengujian transpor fenol dengan berbagai variasi konsentrasi fasa penerima, pH sumber, *waktu immersion*, senyawa pembawa dan waktu akan diukur konsentrasi fenol menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang berfungsi untuk mengetahui keefektifan transpor fenol dengan berbagai variasi perlakuan dan juga dilakukan validasi metode berupa limit deteksi (LoD) dan limit kuantitasi (LoQ) pada spektrofotometer UV-Vis yang ditentukan melalui perhitungan metode kurva kalibrasi dari pengukuran variasi konsentrasi standar fenol menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{LoD} = \text{Rata-rata blanko} + 3 \text{ SD}$$

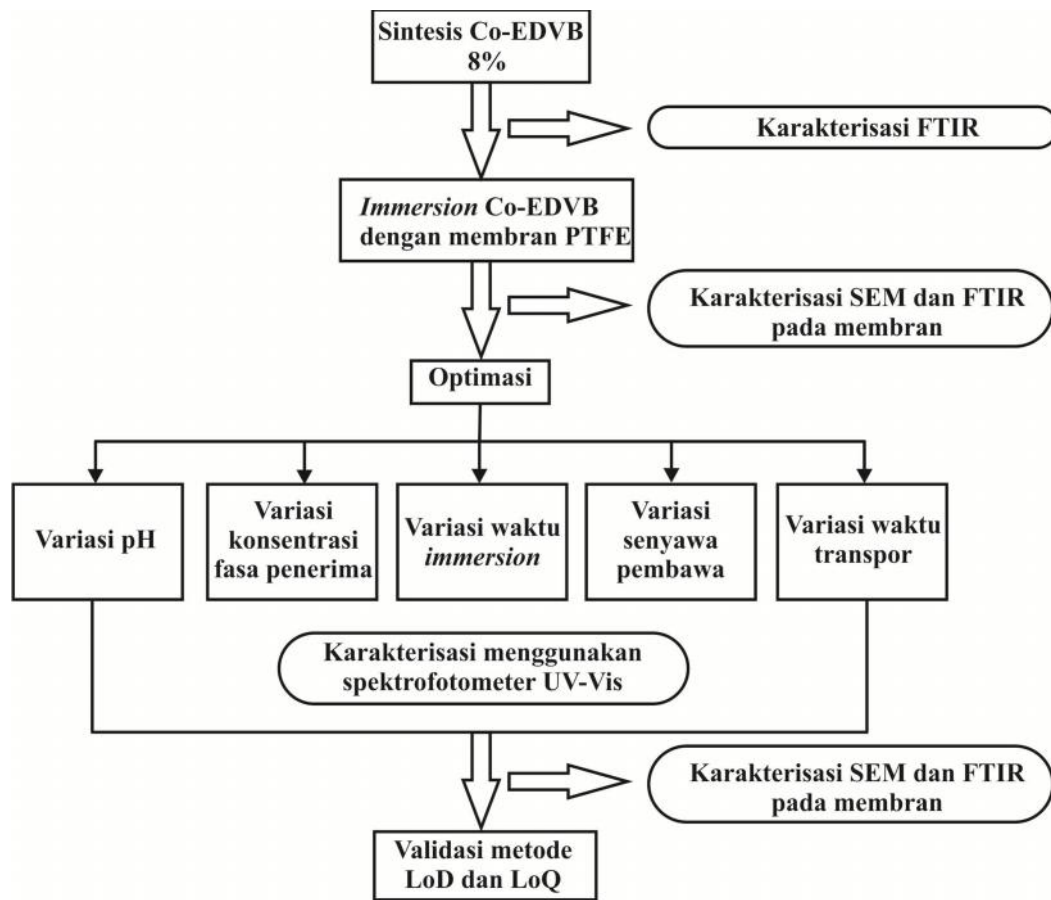
$$\text{LoQ} = \text{Rata-rata blanko} + 10 \text{ SD}$$

Keterangan :

SD : Standar Deviasi

Morfologi pada membran SLM dengan senyawa pembawa kopoli (eugenol-DVB) sesudah transpor fenol diuji menggunakan SEM, gugus fungsi yang terlibat sebelum dan setelah transpor fenol diuji menggunakan FTIR .

H. Diagram Alir Penelitian



Gambar 9. Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil simpulan sebagai berikut :

1. Hasil karakterisasi FTIR pada senyawa pembawa kopoli(eugenol-DVB) membuktikan bahwa telah terjadi proses kopolimerisasi antara eugenol dan DVB yang ditandai dengan hilangnya gugus C-H vinil ($995,2\text{ cm}^{-1}$), *stretching* gugus alil C=C ($1636,5\text{ cm}^{-1}$), dan *stretching* Csp²-H ($3071,3\text{ cm}^{-1}$).
2. Membran PTFE yang mengandung senyawa pembawa kopoli(eugenol-DVB) terbukti dapat digunakan untuk transpor fenol dengan metode SLM.
3. Kondisi optimum membran PTFE dalam mentranspor fenol dicapai pada pH fenol 5,5, konsentrasi pelucut 0,1 M, waktu *immersion* 1 jam, konsentrasi senyawa pembawa 0,01 M dan waktu transpor 24 jam.
4. Evaluasi ketahanan membran PTFE yang mengandung senyawa pembawa kopoli(eugenol-DVB) dibuktikan dengan menguji *ML Loss* yang terjadi, dibuktikan dengan berkurangnya intensitas puncak OH pada spektra FTIR dan SEM.
5. Kopoli(eugenol-DVB) pada kondisi optimum mampu mentranspor fenol sebanyak 92 %.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah optimasi lain menggunakan membran PTFE dengan senyawa pembawa kopoli(eugenol-DVB).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai transpor fenol menggunakan membran jenis lain menggunakan senyawa pembawa kopoli (eugenol-DVB).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S. 2006. Teknologi Membran dalam Pengolahan Limbah Cair Industri. *Bulletin Penelitian* 28: 18-24.
- Alimuddin dan Hidryawati, N. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Kimia Mulawarman* 7: 75–77.
- Amalia, Norma. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Kopolimer Pati Sagu (*Sago starch*) dengan PEG 1000 Menggunakan Asam Sitrat sebagai Crosslinking Agent. (*Skripsi*). Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Jember. Jember. Hal. 38.
- Anisa, S dan Hendrana, E.S. 2016. *Pembuatan dan Pengukuran Sifat Kelistrikan Membran Fuel Cell dengan Struktur Supramolekular dan Ikatan Silang*. Repository MIPA Universitas Riau. Riau. Hal. 2–4.
- Anonymous. 2000. PTFE. (Polytetrafluoroethylene) Membrane Filters. <https://www.skcltd.com.products2/filter-cassettes/ptfepolytetrafluoroethylene-membrane-filters.html>. Diakses 20 Juni 2018.
- Anonymous. 2018. Polytetrafluoroethylene. <https://en.wikipedia.org/wiki/Polytetrafluoroethylene>. Diakses 20 Juni 2018.
- Anupama, R and Palanivelu, K. 2005. Removal and Recovery of Lead from Aqueous Solution Using Supported Liquid Membrane. *Indian Journal of Chemical Technology* 12: 436–440.
- Aprilia, B.S. 2012. Spektrofotometer IR. https://bandiyasriapriliasfst09.web.unair.ac.id/artikel_detail-48339-uu-spektrometer%20IR.html. Diakses 29 Januari 2008.
- Ariyani, S.B. 2011. Industri Jamu dengan Metode Lumpur Aktif. *Jurnal Biopropal Industri* 10: 14–20.
- Ashraf, W.M. and Malack, H.A.L. 2005. Effect of Membrane Preparation Method On Performance of Polyol Supported Membrane Used for Separation of Phenol. *Transport In Porous Media* 61: 307–314.

- Atikah. 2016. Penurunan Kadar Fenol dalam Limbah Cair Industri Tenun Songket dengan Proses Elektro koagulasi. *Jurnal Redoks* 1: 6-15.
- Badgugar, V and Rastogi, N.K. 2011. Extraction of Phenol from Aqueous Effluent Using Triglycerides in Supported Liquid Membrane. *Desalination and Water Treatment* 36: 187–196.
- Bulan, R. 2004. *Reaksi Asetilasi Eugenol dan Oksidasi Metil Iso Eugenol*. Digital by USU Library. Sumatera Utara. Hal. 2–3.
- Canet, L. and Seta, P. 2001. Extraction and Separation of Metal Cations in Solution by Supported Liquid Membrane Using Lasalocid as Carrier. *Pure Applied Chemistry* 73: 2039–2046.
- Carmona, M., A.D. Lucas., J.L. Valverde, B.N.Velasco and J.F. Rodriguez. 2006. Combined Adsorption and Ion Exchange Equilibrium of Phenol On Amberlite IRA-420. *Journal of Chemical Engineering* 117: 155–160.
- Chakrabarty, K., P. Saha and A.K. Ghoshal. 2010. Separation of Mercury From Its Aqueous Solution Through Supported Liquid Membrane Using Environmentally Benign Diluent. *Journal of Membrane Science* 350: 395–401.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK). Universitas Andalas. Padang. Hal. 5-8.
- Dewi, K.T., D.Siswanta dan N.H. Aprilita. 2010. Studi Transpor Etanol dengan Menggunakan Membran Cair Polieugenol. *Makalah Pendamping: Kimia*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Hal. 140-143.
- Dewilda, Y., R. Afrianita dan Iman, F. F. 2012. Degradasi Senyawa Fenol Oleh Mikroorganisme Laut. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* 9: 59–73.
- Djunaidi, M.C dan Haris, A. 2003. Pemisahan Logam Berat Menggunakan Membran Cair Berpendukung dengan Variabel Konsentrasi Ion Logam dan pH Fasa Umpan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 4: 1-4.
- Djunaidi, M.C., R.A. Lusiana., P.J. Wibawa., D. Siswanta dan Jumina. 2010. Sintesis Turunan Polieugenol sebagai Carrier Bagi Recovery Logam Berat dengan Teknik Membran Cair. 2010. *Reaktor* 13: 16–23.
- Fan, J., Y. Fan., Y. Pei., K. Wu., J. Wang and M. Fan. 2008. Solvent Extraction of Selected Endocrine-Disrupting Phenols Using Ionic Liquids. *Purification Technology* 61: 324–331.

- Ferraz, H.C., L.T. Duarte, M.D.L.T.L. M. Alves., A.C. Habert and C.P. Borges. 2007. Recent Achievements in Facilitated Transport Membranes for Separation Processes. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 24: 101-118.
- Fessenden, R.J dan Fessenden, J.S. 1999. *Kimia Organik, Jilid 1, Edisi Ketiga*. Erlangga. Jakarta. Hal. 315-317.
- Gherrou, A., H. Kerdjoudj., R. Molinari and E. Drioli. 2001. Modelization of The Transport of Silver and Copper in Acidic Thiourea Medium Through A Supported Liquid Membrane. *Desalination* 139: 317-325.
- Handayani, A. 2012. Recovery Fenol Menggunakan Polimer Polieugenol Tersambung Silang Bisphenol A diglycidyl Ether (BADGE) sebagai Carrier dalam Membran Cair Berpendukung Supported Liquid Membrane (SLM) Berbasis PVC. (*Skripsi*). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Hal. 49-50.
- Handayani, D.S., T. Kusumaningsih and M. Yulia. 2004. Sintesis Kopolimer (Eugenol-DVB) Sulfonat dari Eugenol Komponen Utama Minyak Cengkeh (*Syzygium aromaticum*). *Biofarmasi* 2: 53-57.
- Harold, Hart. 2003. *Kimia Organik, Suatu Kuliah Singkat*. Erlangga. Jakarta. Hal. 433-434.
- Hunger, M and Weitkamp, J. 2001. In situ IR , NMR , EPR , and UV / Vis Spectroscopy : Tools for New Insight into the Mechanisms of Heterogeneous Catalysis. *Chemistry International* 40: 2954-2971.
- Jaber, A.M. Y., S.A. Ali. and G.O. Yahaya. 2005. Studies On Phenol Permeation Through Supported Liquid Membranes Containing Functionalized Polyorganosiloxanes. *Journal of Membrane Science* 250: 85-94.
- Kaminski, W. and Kwapinski, W. 2000. Applicability of Liquid Membranes in Environmental Protection. *Polish Journal of Environmental Studies* 9: 37-43.
- Kazemi, P., M. Peydayesh, A. Bandegi, T. Mohammadi and O. Bakhtiari. Stability and Extraction Study of Phenolic Wastewater Treatment by Supported Liquid Membrane Using Tributyl phosphate and Sesame Oil as Liquid Membrane. *Engineering Research Desalination* 92: 375-383.
- Kislik, V.S. 2010. *Liquid Membranes : Principles and Applications in Chemical Separations and Wastewater Treatment. Liquid Membranes*. Institute of Applied Chemistry, the Hebrew University of Jerusalem, Campus Givat Ram. Israel. Hal. 15.

- Kiswandono, A. A. 2010. Studi Transpor Fenol dengan Menggunakan Membran Cair Polieugenol. *Prosiding Seminar Nasional*. FKIP Jurusan Kimia Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Hal. 199-203.
- Kiswandono, A.A. 2014. Kajian Transpor Fenol Melalui Membran Berbasis Polieugenol Tertaut Silang Menggunakan Metode Polymer Inclusion Membrane (PIM). (*Disertasi*). Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Hal. 110-113.
- Kiswandono, A.A., D. Siswanta, N.H. Aprilita and S.J. Santosa. 2014. The Capability of Copoly (Eugenol-Divinylbenzene), Co-Edvb as A Carrier of Phenol Transport with Polymer Inclusion. *Journal of Environmentally Friendly Processes* 2: 57-68.
- Kiswandono, A.A., E. Girsang., A.N. Pulungan., J.L. Sihombing., D. Siswanta., N.H. Aprilita dan S.J. Santosa. 2015. Kajian Spektra FTIR Pada Membran Kopolimer (Eugenol-Divinil Benzena), Co-EDVB Sebagai Senyawa Pembawa untuk Transpor Fenol. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS)*. Hal. 543-554.
- Kiswandono, A.A. 2016. Metode Membran Cair untuk Pemisahan Fenol. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry* 1: 74-88.
- Kocherginsky, N.M., Q. Yang and L. Seelam. 2007. Recent advances in Supported Liquid Membrane Technology. *Separation and Purification Technology* 53: 171-177.
- Kuntari, T., Aprianto, R. H. Noor dan Baruji. 2017. Verifikasi Metode Penentuan Asetosal dalam Obat Sakit Kepala dengan Metode Spektrofotometri UV. *Jurnal Sains dan Teknologi* 6: 1-10.
- Li, J., T. Zhao., G. Sui and S. Jia. 2016. CO₂ Separation from Air Using Microporous Polyvinylidene Fluoride-Supported Triethylene Glycol/Alkanolamine Liquid Membranes. *Matter Express* 6: 183-190.
- Maslahat, M dan Kiswandono, A.A. 2011. Studi Transpor Senyawa Fenol Menggunakan Membran Cair Polieugenol dengan Pelarut Diklorometana. *Journal of Sains Natural Universitas Nusa Bangsa* 1: 145-155.
- Maslahat, M., M. Paramitha and S.E. Wardoyo. 2016. Modification of Palm Oil Empty Fruit Bunches Biosorbent Using Egg Shells for Phenol Sorption. *Journal of Lignocellulose Technology* 1: 43-50.
- Mustikarini, S. 2007. Sintesis Ionofor 5'-Kloro-2,4,2'-Trihidroksiazobenzena dan Studi Impregnasi Resin Kopolimer (Eugenol-DVB) dengan Ionofor. (*Skripsi*). Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Hal. 46.

- Muthuraman, G. and Palanivelu, K. 2006. Transport of Textile Dye in Vegetable Oils Based Supported Liquid Membrane. *Dyes and Pigments* 70: 99-104.
- Narayanan, J.P and Palanivelu, K. 2008. Recovery of Acetic Acid by Supported Liquid Membrane Using Vegetable Oils as Liquid Membrane. *Indian Journal of Chemical Technology* 15: 266–270.
- Ngadiwiyan. 2005. Polimerisasi Eugenol dengan Katalis Asam Sulfat Pekat. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 8: 1-11.
- Nisola, G.M., E. Cho., A.B. Beltran., M. Han., Y. Kim and W.J. Chung. 2010. Chemosphere Dye / Water Separation Through Supported Liquid Membrane Extraction. *Chemosphere* 80: 894–900.
- Nittami, T., T. Hitomi., K. Matsumoto., K. Nakamura., T. Ikeda., Y. Setoguchi and Motoori. 2012. Comparison of Polytetrafluoroethylene Flat-Sheet Membranes with Different Pore Sizes in Application to Submerged Membrane Bioreactor. *Membrane* 2: 228-236.
- Othman, N., L.C. Heng., N.F.M. Noah., O.Z. Yi., N. jusoh., N.A. Nasruddin., N. Ali and S. Hamzah. 2015. Removal of Phenol from Wastewater by Supported Liquid Membrane Process. *Jurnal Teknologi* 74: 117–121.
- Ozkaya, B. 2006. Adsorption and Desorption of Phenol on Activated Carbon and a Comparison of Isotherm Models. *Journal of Hazardous Materials* 129: 158-163.
- Pangestu, A. 2011. Spektrofotometer UV-VIS dan Refrakometer. <http://pangestu-ayupangestu.blogspot.com>. Diakses 6 Desember 2017.
- Park, Y., A.H.P. Skelland., L.J. Forney and J.H. Kim. 2006. Removal of Phenol and Substituted Phenols by Newly Developed Emulsion Liquid Membrane Process. *Water Research* 40: 1763–1772.
- Poole, C.F. and S.K. Poole. 2010. Extraction of Organic Compounds with Room Temperature Ionic Liquids. *Journal of Chromatography* 1217: 2268–2286.
- Pratomo, H. 2003. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Selulosa Asetat untuk Proses Ultrafiltrasi Polisulfon. *Jurnal Pendidikan Matematika Dall Saills. Edisi 3 Tahun VIII*. Hal. 168-173.
- Prawira. 2007. Polimer-Polimer Semi Sintetik. <https://yprawira.wordpress.com>. Diakses 30 November 2017.
- Purwasih, Ratih. 2011. Studi Transpor Fenol Menggunakan Polymer Inclusion Membrane (PIM) dengan Molekul Pembawa Kopoli(Eugenol-Dialil Ftalat. (*Skripsi*). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Hal. 40-45.

- Qadeer, R and Rehan, A.H. 2002. A Study of The Adsorption of Phenol by Activated Carbon from Aqueous Solutions. *Turkish Journal of Chemistry* 26: 357-362.
- Rahman, Raynal. 2016. Prarancangan Pabrik Fenol dari Cumene Hydroperoxide dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 30.000 Ton/Tahun. (*Skripsi*). Jurusan Teknik Kimia. Universitas Lampung. Lampung. Hal. 28-30.
- Rahmi. 2007. Adsorpsi Fenol Pada Membran Komposit Khitosan Berikatan Silang. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 6: 28-34.
- Reis, M.T.A., O.M.F. De Freitas, M.R.C. Ismael and J.M.R. Carvalho. 2007. Recovery of Phenol from Aqueous Solutions Using Liquid Membranes with Cyanex 923. *Journal of Membrane Science* 305: 313-324.
- Reyes-Aguilera, J.A., M.P. Gonzales, R. Navarro, T.I. Sucedo and M. Avila-Rodges. 2008. Supported liquid membranes (SLM) for Recovery of Bismuth from Aqueous Solutions. *Journal of Membrane Science* 310: 13-19.
- Ritonga, A. H. 2017. Karakterisasi Aspal Polimer dari Limbah Polistirena dan Serbuk Karet Ban Bekas Menggunakan Divenil Benzena dan Inisiator Dikumul Peroksida. *Akademia* 21: 7-14.
- Riyanto. 2002. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji*. Deepublish. Yogyakarta. Hal. 85-91.
- Roslinda, R., Humairah dan Zulharmitta. 2013. Analisis Kadmium (Cd), Seng (Zn) dan Timbal (Pb) Pada Susu Kental Manis Kemasan Kaleng Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Farmasi Higea* 5: 62-71.
- Santoso, I., S.T. Ratna., I.R. Kartika. dan H. Titriyama. 2010. Ekstraksi Emas dari Limbah Papan Sirkuit Telepon Genggam Menggunakan Teknik Membran Cair Emulsi. *Valensi* 3: 45-50.
- Sari, S.D.M., I.W.B. Suyasa dan I.G. Mahardika. 2016. Pemanfaatan Biosistem Tanaman untuk Menurunkan Kadar Fenol, Amonia, Ion Klorida, dan COD dari Proses Biodegradasi Air Limbah yang Mengandung Rhodamin B. *Ecotrophic* 10: 1-8.
- Setiyawan, D. dan I. M. Sukarna. 2017. Ekstraksi Ion Logam Zn (II) Menggunakan Senyawa Pembawa Tanin Termodifikasi dengan Metode Membran Cair Ruah. *Jurnal Kimia Dasar* 6: 75-82.
- Shipra. 2009. To Study Selective Transport of Ag (I) Ion Using Polymer Inclusion Membranes Containing Thiuram Sulphide as A Carrier. (*Thesis*). Thapar University. Patiala. Hal. 10-15.

- Slamet, R., Arbianti dan Daryanto. 2005. Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat (Cr^{6+} atau Pt^{4+}) Secara Simultan dengan Fotokatalis TiO_2 , ZnO-TiO_2 , dan CdS-TiO_2 . *Teknologi* 9: 66–71.
- Stevens, M. 2001. *Kimia Polimer*. Pradya paramitha. Jakarta. Hal. 655-669.
- Sudrajat, R dan A. P. J. Ning. 1993. Pemisahan Senyawa Fenol dari Limbah Cair Industri Pulp (Black Liquor) dengan Cara Fraksinasi-Distilasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 11: 12–20.
- Sulaeman, A. dan Ummy, M. 2006. Pemisahan Serium dari Mineral Monasit dengan Teknik SLM Bertingkat. *Jurnal Kimia Indonesia* 1: 1–6.
- Suprasetyo, A. dan Setiarso, P. 2016. Penentuan Kadar Fenol Pada Air Sungai Secara Cyclic Stripping Voltammetry dengan Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Zeolit. *Prosiding Seminar Kimia dan Pembelajarannya*, ISBN : 978-602-0951-12-6. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Surabaya. Hal. 6-12.
- Supriyanto, R. 1996. Ekstraksi Lantanum (III) Dari Mineral Xenotim(Pasir Ikutan Timah Bangka) dengan Teknik Membran Cair Berpendukung. (*Tesis*). Institut Teknologi Bandung. Bandung. Hal. 56-57.
- Suryati. 2011. Analisa Kandungan Logam Berat Pb dan Cu dengan Metode (SSA) Spektrofotometri Serapan Atom Terhadap Ikan Baung (Hemibagrus nemurus) di Sungai Kampar Kanan Desa Muara Takus Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar.(*Skripsi*).Universitas Negeri Islam Sultan Syarif Kasim Riau. Riau. Hal. 40-41.
- Sousa, A. R. and Trancoso, M.A. 2009. Validation of an Environmental Friendly Segmented Flow Method for The Determination of Phenol Index in Waters as Alternative to The Conventional One. *Talanta* 79: 796–803.
- Stanisavljevi, M. and Nedi, L. 2004. Removal of Phenol from Industrial Wastewaters by Horseradish (*Cochlearia armoracia* L) Peroxidase. *Working and Living Environmental Protection* 2: 345 – 349.
- Tanasale, M. F. J. D. P., J. Latupeirissa1, E. Tuhalauruw1. 2015. The Capability Test of Rice Husk (*Oryza Sativa* L) as Active Carbon for Phenol Adsorption. *Indonesian Journal of Chemistry* 2: 223 – 230.
- Tetra, O. N., A. Alif dan H.A. Emriadi. 2007. Transpor Ion Tembaga (II) Melalui Teknik Membran Cair Fasa Ruah. *Jurnal Riset Kimia* 1 : 25–30.
- Tchobanoglous, G., F. L. Burton and Stensel, H.D. 2004. *Waste Water Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy Inc. New York. Pp. 24-27.

- Thermo, N. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. A Thermo Electron business. USA. Pp. 8.
- Thaibiyah, N., Alimmudin dan Panggabean, A.S. 2016. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat-PVC dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk Adsorpsi Logam Tembaga (II). *Jurnal Kimia Mulawarman* 14: 29-35.
- Towaha, J. 2012. Manfaat Eugenol Cengkeh dalam Berbagai Industri di Indonesia. *Perspektif* 1: 79–90.
- Valenzuela, F., C. Salinas, C. Basualto and J. Sapag- Hagar.C. Tapia. 2003. Influence Of Nonionic Surfactant Compound On Coupled Transport of Copper (II) Through A Liquid Membrane. *Journal of Chilean Chemical Society* 48. https://scielo.nicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072003000100014. Diakses 30 November 2017.
- Venkateswaran, P. and Palanivelu, K. 2006. Recovery of Phenol from Aqueous Solution by Supported Liquid Membrane Using Vegetable Oils as Liquid Membrane. *Journal of Hazardous Materials* 131: 146–152.
- Venkateswaran,P., A.N. Gopalakrishnan and K. Palanivelu. 2007. Di (2-ethyl hexyl) Phosphoric Acid–Coconut Oil Supported Liquid Membrane for The Separation of Copper Ions From Copper Plating Wastewater. *Journal of Environmental Science* 19: 1446–1453
- Wang, L., R. Paimin, R.W. Cattrall., W. Shen and S.D. Kolev. 2000. The Extraction of Cadmium (II) and Copper (II) from Hydrochloric Acid Solutions Using An Aliquat 336/ PVC membrane. *Journal of Membrane Science* 176: 105–111.
- Walkowiak, W., M. Ulewicz and C.A. Kozlowski. 2002. Application of Macrocyclic Compounds for Metal Ions Separation and Removal. *Ars Separatoria Acta* 1: 87–98.
- Yang, X. J., A.G. Fane and K. Soldenhoff. 2003. Comparison of Liquid Membrane Processes for Metal Separations : Permeability, Stability and Selectivity. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 42: 392–403.
- Yang, X.J., H. Duan., D. Shi., R. Yang., S.Wang and H.Guo. 2015. Facilitated Transport of Phenol Through Supported Liquid Membrane Containing bis(2-ethylhexyl) Sulfoxide (BESO) as The Carrier. *Chemical Engineering and Processing* 93: 79–86.
- Yim, S.K., S.J. Yun. and C.H. Yun. 2004. A Continuous Spectrophotometric Assay for NADPH-cytochrome P450 Reductase Activity Using 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology* 37: 629–633.

- Yuniarti, S.A.I. 2012. Sintesis dan Sifat Kimia Fisika Kopolimer Tepung Mocal (Modified Cassava Flour) dan Asam Sitrat. (*Skripsi*). Universitas Jember. Jember. Hal. 17-19.
- Zha, F.F., A.G. Fane and C.J.D. Feel. 2006. Phenol Removal by Supported Liquid Membranes. *Separation Science and Technology* 29: 2317-2343.
- Zidi,C., R. Tayeb., M.B.S. Ali and M. Dhahbi. 2010. Liquid–Liquid Extraction and Transport Across Supported Liquid Membrane of Phenol Using Tributyl Phosphat. *Journal of Membrane Science* 360: 334–340.