

**STABILITAS DAN KEMAMPUAN COPOLY-EUGENOL DIVINIL
BENZENA 10% UNTUK TRANSPOR FENOL MENGGUNAKAN
METODE *POLYMER INCLUSION MEMBRANE* (PIM)**

(Skripsi)

Oleh

KHARISMA CITRA APRILIA



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

STABILITAS DAN KEMAMPUAN COPOLY-EUGENOL DIVINIL BENZENA 10% UNTUK TRANSPOR FENOL MENGGUNAKAN METODE POLYMER INCLUSION MEMBRANE (PIM)

Oleh

KHARISMA CITRA APRILIA

Penelitian stabilitas dan kemampuan transpor fenol menggunakan Co-EDVB (Kopoli Eugenol Divinil Benzena) 10% sebagai senyawa *carrier* dengan metode *polymer inclusion membrane* (PIM) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas membran PIM dengan pengaruh konsentrasi *plasticizer*, jenis dan konsentrasi garam, serta kemampuan membran PIM melalui pemakaian berulang dan umur membran. Membran dipreparasi dengan melarutkan Co-EDVB 10%, polivinil klorida (PVC) dan dibenzil eter (DBE) ke dalam pelarut tetrahidrofur (THF). Penentuan konsentrasi fenol sesudah proses transpor dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis dengan penambahan 4-aminoantipirin dan absorbansinya diukur pada panjang gelombang 456 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas membran dicapai pada konsentrasi *plasticizer* 3,32% dengan konsentrasi fenol tertranspor sebesar 83,91%. Penambahan jenis garam NaNO_3 pada sumber menunjukkan hasil optimum dibandingkan jenis garam lainnya, yakni mampu mentranspor fenol pada fasa penerima sebesar 85,84%. Transpor fenol dengan melakukan penambahan NaNO_3 0,01 M di fasa sumber dan penerima menghasilkan fenol yang tertranspor sebanyak 89,93% dan 86,76%. Pada uji kemampuan membran PIM melalui pemakaian berulang dilakukan 5 kali pengulangan transpor. Pemakaian berulang tanpa pencucian mampu mentranspor fenol sebesar 72,19%, 69,23%, 62,71%, 55,91%, dan 58,16%, serta pada pemakaian berulang dengan pencucian mampu mentranspor fenol sebesar 70,85%, 64,10%, 56,72%, 49,26%, dan 27,19%. Tanpa penambahan NaNO_3 , kemampuan transpor membran hanya 29 hari tetapi dengan penambahan NaNO_3 0,1 M kemampuannya meningkat menjadi 58 hari.

Kata kunci: Co-EDVB, fenol, PIM, stabilitas, kemampuan

ABSTRAK

STABILITY AND ABILITY OF 10% COPOLY-EUGENOL DIVINYL BENZENE FOR PHENOL TRANSPORT USING POLYMER INCLUSION MEMBRANE (PIM) METHOD

Oleh

KHARISMA CITRA APRILIA

Research on the stability and ability of phenol transport using Co-EDVB (Copoly Eugenol Divinyl Benzene) 10% as a carrier using the polymer inclusion membrane (PIM) method had been carried out. The purposes of this research were to determine the stability of PIM membranes with the addition of plasticizer concentration, type and concentration of salt, and the ability of PIM membranes through repeated using and membrane lifetime. The membrane was prepared by dissolving Co-EDVB 10%, polyvinyl chloride (PVC) and dibenzyl eter (DBE) in tetrahydrofuran (THF) solvent. Determination of the concentration of phenol after the transport process was carried out by UV-Vis spectrophotometry method with the addition of 4-aminoantipyrine and its absorbance was measured at a wavelength of 456 nm. The results showed that the membrane stability was achieved at a plasticizer concentration of 3.32% with a transported phenol concentration of 83.91%. The addition of NaNO₃ salt at the source phase was an optimum result compared with other types of salt, which was able to transport phenol in the receiving phase of 85.84%. Phenol transport by adding 0.01 M NaNO₃ in the source and receiver phases resulted in 89.93% and 86.76%. In the test of the ability of the PIM membrane through repeated using, 5 transport repetitions were carried out. Repeated using without washing was able to transport phenol by 72.19%, 69.23%, 62.71%, 55.91%, and 58.16%, and in repeated using with washing it was able to transport phenol by 70.85%, 64 .10%, 56.72%, 49.26%, and 27.19%. Without the addition of NaNO₃, the membrane transport ability was only 29 days but the addition of 0.1 M NaNO₃, the ability increased to 58 days.

Keywords: Co-EDVB, phenol, PIM, stability, ability

**STABILITAS DAN KEMAMPUAN COPOLY-EUGENOL DIVINIL
BENZENA 10% UNTUK TRANSPOR FENOL MENGGUNAKAN
METODE *POLYMER INCLUSION MEMBRANE* (PIM)**

Oleh

Kharisma Citra Aprilia

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS**

Pada :

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



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Penelitian : **STABILITAS DAN KEMAMPUAN
COPOLY-EUGENOL DIVINIL
BENZENA10% UNTUK TRANSPOR
FENOL MENGGUNAKAN METODE
POLYMERINCLUSION MEMBRANE
(PIM)**

Nama Mahasiswa : **Kharisma Citra Aprilia**

No. Pokok Mahasiswa : 1817011037

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.
NIP. 197007052005011003



Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.
NIP. 1971103019970301003

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila



Mulyono, Ph.D.
NIP. 197406112000031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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



Sekretaris

: **Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Nurhasanah, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Satripto Dwi Yuwono, M.T.

NIP 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 Oktober 2022

SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Kharisma Citra Aprilia
Nomor Pokok Mahasiswa : 1817011037
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “**Stabilitas dan Kemampuan Copoly-Eugenol Divinil Benzena 10% untuk Transpor Fenol menggunakan Metode *Polymer Inclusion Membrane* (PIM)**” adalah benar karya sendiri, baik gagasan, hasil, dan analisisnya. Saya tidak keberatan jika data dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Bandar Lampung, 14 November 2022



Kharisma Citra Aprilia
NPM. 1817011037

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Kharisma Citra Aprilia, lahir di Tanjung Bintang, pada 25 April 2001 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, putri dari Bapak Amin Nurdin dan Ibu Rismiyati. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jalan Syamratulangi gang Pisang RT. 16 LK. 1, Kelurahan Gedong Air, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung.

Penulis memulai pendidikan di SDN 3 Gedong Air, pada tahun 2006. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di MTsN 2 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMK SMTI Bandar Lampung dan selesai pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis terdaftar sebagai Mahasiswi Universitas Lampung, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi sebagai kader muda Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) periode 2019. Pada tahun 2019 aktif di HIMAKI sebagai anggota bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK). Penulis pernah mengikuti kegiatan sosial seperti Karya Wisata Ilmiah (KWI) BEM-FMIPA Unila di Desa Tanjung Tirto Kecamatan Way Bungur pada tahun 2018. Selain itu, penulis pernah mengikuti Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) yang diselenggarakan Universitas Lampung pada tahun 2021 dan 2022.

Penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Gedong Air, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung pada bulan Februari sampai Maret 2021 selama 40 hari, serta menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas Lampung yang diberi Judul “Stabilitas dan Kemampuan Copoly Eugenol Divinil Benzena 10% untuk Transpor Fenol menggunakan Metode *Polymer Inclusion Membrane*”.

MOTTO



“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.” (Al-Baqarah: 286)

*“Wahai orang-orang yang beriman! Jika kamu menolong (agama) Allah, niscaya Dia akan menolongmu dan meneguhkan kedudukanmu.”
(Muhammad: 7)*

“Impossible is just a big word thrown around by small men who find it easier to live in the world they’ve been given than to explore the power they have to change it. Impossible is not a fact. It’s an opinion. Impossible is not a declaration. It’s dare. Impossible is potential. Impossible is temporary. Impossible is nothing” (Muhammad Ali)

“Ibu dari sebuah keahlian adalah repetisi (pengulangan) dan ayahnya adalah practice (Latihan)” (Felix Y. Siaw)



*Dengan mengucap alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur
kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia- Nya,
shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi
Muhammad SAW yang senantiasa diharapkansyafaatnya di
hari akhir. Rasa syukur yang luar biasa ku persembahkan karya
sederhanaku sebagai wujud cinta, bakti, dan tanggung jawabku
kepada*

*Kedua orang tuaku Bapak Amin Nurdin dan
Ibu Rismiyati, yang selalu memberikan cinta,
kasih sayang, dukungan, do'a, dan motivasi
selama ini.*

*Adikku Sukma Adam Saka dan Mukhlis Al Ikhsan
yang selalu menjadi penyemangatku.*

*Bapak Dr Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.
dan Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc. selaku
dosen pembimbing, Ibu Dr. Nurhasanah,
M.Si. selaku dosen pembahasa, serta semua
dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila yang
telah membimbing, mendidik, memberikan
banyak ilmu dan pengalamannya kepadaku.*

*Seluruh rekan-rekan saudara-saudariku keluarga
besar kimia 2018 yang selalu berbagi kebahagiaan.*

*Dan almamaterku yang kubanggakan,
Universitas Lampung.*

SANWACANA

Assalamualaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu kita nantikan syafaat-Nya di Yaumul Akhir nanti. Aamiin ya rabbal alamin sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Stabilitas dan Kemampuan Copoly-Eugenol Divinil Benzena 10% untuk Transpor Fenol menggunakan Metode *Polymer Inclusion Membrane* (PIM)”**.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesulitan dan rintangan yang penulis hadapi. Namun itu semua bisa terlewati berkat rahmat dan ridho Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc., selaku pembimbing satu yang telah sabar membimbing dan memberi masukan serta saran dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc., selaku pembimbing dua yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Nurhasanah, M.Si., selaku penguji dan pembahas yang telah memberikan, kritik, saran, dan arahan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

4. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang memberikan semangat dan arahan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menjadi mahasiswa jurusan kimia.
8. Kedua orang tua yang sangat penulis cintai. Terimakasih Bapak Amin Nurdin dan Ibu Rismiyati atas segala bentuk kerja keras dan pengorbanan yang telah diberikan. Terima kasih juga untuk segala cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan, motivasi, dan do'a,yang selalu diberikan.
9. Adik penulis, Sukma Adam Saka dan Mukhlis Al Ikhsan yang telah memberikan dukungan dan do'a,begitu juga untuk segala cinta dan kasih sayangnya.
10. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
11. Teman-teman satu bimbingan "**Membrane Research**" yang baik hati Nia, Dedeh, dan Rapi. Terima kasih atas kerja sama, dukungan, dan kesabaran untuk menyelesaikan penelitian hingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
12. Senior-senior terbaikku Mba Huda dan Mba Icha yang telah memberi dukungan, semangat, dan menemani hari-hari di *basecamp membrane research*.
13. Teman seperjuangan S.Si Aluni. Terima kasih atas dukungan, menemani hari hari bimbingan, dan semangat yang telah diberikan.
14. Kakak tingkat seperbimbingan Kak Dela, Kak Lola, Kak Nelda, dan Kak Aji, terimakasih sudah mau membantu dan memberikan ilmu yang bermanfaat serta berbagi alat maupun bahan selama penelitian.

15. Tim “**Ardh_gift**” yang telah menjadi semangatku untuk menyelesaikan studi ini.
16. Sahabatku “**Bermula dari kita**” yang telah menjadi sahabat yang baik dan memberikan semangat.
17. Sobat “**Ambyar**” Indah, Hendriko, Grace, dan Kadek. Terima kasih sudah menjadi teman yang baik, memberikan keceriaan, dan *partner* belajar terbaik di kampus.
18. Adik-adik kimia Angkatan 2019 dan 2020 yang telah memberikan semangat, serta motivasinya untuk penulis menyelesaikan skripsi ini.
19. Terakhir tapi tidak kalah pentingnya, Terima kasih untuk diriku yang masih bertahan di titik ini hingga skripsi ini terselesaikan dan semangat untuk tugas berikutnya.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu, semoga Allah SWT membalas segala amal kebaikan kalian. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu`alaikum Wr. Wb

Bandar Lampung, 14 November 2022
Penulis

Kharisma Citra Aprilia
NPM. 1817011037

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Fenol.....	6
2.2. Eugenol dan Copoly-Eugenol Divinil Benzena (Co-EDVB) 10%.....	7
2.3. Teknologi Membran	10
2.4. <i>Polymer Inclusion Membrane</i> (PIM)	12
2.5. Analisis dan Karakterisasi	13
2.5.1. Spektrofotometer UV-Vis	13
2.5.2. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	15
2.5.3. <i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i> (FTIR)	17
III. METODE PENELITIAN.....	21
3. 1. Waktu dan Tempat.....	21
3. 2. Alat dan Bahan	21
3.2.1. Alat-alat	21
3.2.2. Bahan-bahan	22
3.3. Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1. Pembuatan Membran PIM.....	22
3.3.2. Efek Konsentrasi <i>Plasticizer</i>	23
3.3.3. Efek Jenis Garam.....	23

3.3.4. Efek Konsentrasi Garam pada Fasa Sumber	24
3.3.5. Efek Konsentrasi Garam pada Fasa Penerima.....	24
3.3.6. Pemakaian Berulang pada Membran PIM	25
3.3.7. <i>Lifetime</i>	25
3.3.8. Diagram alir penelitian	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1. Membran PIM.....	28
4.2. Efek Konsentrasi <i>Plasticizer</i>	29
4.3. Efek Jenis Garam	32
4.4. Efek Konsentrasi Garam NaNO ₃ pada Fasa Sumber	35
4.5. Efek Konsentrasi Garam NaNO ₃ pada Fasa Penerima.....	37
4.6. Pemakaian Berulang pada Membran PIM	39
4.7. <i>Lifetime</i>	42
4.7. Karakter Membran PIM.....	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	53
Lampiran 1. Perhitungan Pembuatan Larutan.....	54
Lampiran 2. Perhitungan Konsentrasi <i>Plasticizer</i>	61
Lampiran 3. Konsentrasi Fenol Hasil Transpor dan %ML <i>Loss</i>	63
Lampiran 4. Ketebalan Membran PIM	81
Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisik dan Kimia Eugenol	8
2. Gugus fungsi pada membran PIM sebelum transpor fenol	19
3. Komposisi membran	22
4. Konsentrasi fenol pada fasa penerima dengan variasi logam Na dan K.....	34
5. <i>Lifetime</i> membran PIM.....	42
6. Perbandingan intensitas hasil FT-IR membran PIM sebelum dan sesudah transpor	47
7. Kurva standar fenol pada variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	63
8. Absorbansi dan konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	63
9. Data $\bar{x}$, SD, dan % RSD konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	64
10. Massa membran sebelum transpor variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	64
11. Massa membran setelah transpor variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	65
12. % ML <i>Loss</i> variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	65
13. Kurva standar variasi jenis garam	65
14. Absorbansi dan konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima variasi jenis garam.....	66
15. Data $\bar{x}$, SD, dan % RSD konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima variasi jenis garam.....	67
16. Massa membran sebelum transpor variasi jenis garam	67
17. Massa membran setelah transpor variasi jenis garam	67
18. % ML <i>Loss</i> variasi jenis garam	67

19. Kurva standar fenol pada variasi konsentrasi garam pada sumber.....	68
20. Absorbansi dan konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima variasi konsentrasi garam pada fasa sumber	68
21. Data $\bar{x}$, SD, dan % RSD konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima variasi konsentrasi garam pada fasa sumber	69
22. Massa membran sebelum transpor variasi konsentrasi garam pada fasa sumber.....	69
23. Massa membran setelah transpor variasi konsentrasi garam pada fasa sumber.....	70
24. % ML <i>Loss</i> variasi konsentrasi garam pada fasa sumber.....	70
25. Kurva standar fenol pada variasi konsentrasi garam pada fasa penerima.....	70
26. Absorbansi dan konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima variasi konsentrasi garam pada fasa penerima	71
27. Data $\bar{x}$, SD, dan % RSD konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima variasi konsentrasi garam pada fasa penerima	72
28. Massa membran sebelum transpor variasi konsentrasi garam pada fasa penerima.....	72
29. Massa membran setelah transpor variasi konsentrasi garam pada fasa penerima.....	72
30. % ML <i>Loss</i> variasi konsentrasi garam pada fasa penerima.....	73
31. Kurva standar fenol pada pemakaian berulang (tanpa pencucian).....	73
32. Absorbansi dan konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima pemakaian berulang (tanpa pencucian).....	74
33. Data $\bar{x}$, SD, dan % RSD konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima pemakaian berulang (tanpa pencucian).....	74
34. Massa membran sebelum transpor pemakaian berulang (tanpa pencucian)	75
35. Massa membran setelah transpor pemakaian berulang (tanpa pencucian).....	75
36. % ML <i>Loss</i> pemakaian berulang (tanpa pencucian)	75
37. Kurva standar fenol pada pemakaian berulang (dengan pencucian).....	76
38. Absorbansi dan konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima pemakaian berulang (dengan pencucian).....	76

39. Data $\bar{x}$, SD, dan % RSD konsentrasi fenol di fasa sumber dan fasa penerima pemakaian berulang (dengan pencucian)	77
40. Massa membran sebelum transpor pemakaian berulang (dengan pencucian)	77
41. Massa membran setelah transpor pemakaian berulang (dengan pencucian)	78
42. % ML <i>Loss</i> pemakaian berulang (dengan pencucian).....	78
43. Data pengamatan pH <i>lifetime</i> tanpa penambahan garam	78
44. Data pengamatan pH <i>lifetime</i> dengan penambahan Na ₂ SO ₄	79
45. Data pengamatan pH <i>lifetime</i> dengan penambahan KNO ₃	79
46. Data pengamatan pH <i>lifetime</i> dengan penambahan NaCl	80
47. Data pengamatan pH <i>lifetime</i> dengan penambahan NaNO ₃	80
48. Ketebalan membran PIM variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	81
49. Ketebalan membran PIM variasi jenis garam	81
50. Ketebalan membran PIM variasi konsentrasi garam pada fasa sumber	81
51. Ketebalan membran PIM variasi konsentrasi garam pada fasa penerima	81
52. Ketebalan membran PIM pemakaian berulang	82
53. Ketebalan membran PIM <i>lifetime</i>	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Eugenol	8
2. Reaksi polimerisasi eugenol menjadi polieugenol	9
3. Prediksi struktur kopoli(eugenol-DVB).....	10
4. Panjang gelombang maksimum fenol	14
5. SEM kopoli (eugenol-DVB) 12%. Sebelum pengangkutan (a) penampang, 700x (b) penampang 100x. Setelah pengangkutan (c) Penampang 250x (d) Penampang permukaan 500x dan (e) Penampang permukaan 8000x	16
6. Spektra FT-IR membran (A) Co-DVB sebelum digunakan untuk transpor fenol (komponen membran terdiri dari PVC, DBE dan <i>powder</i> Co-EDVB (0, 2, 6 dan 12%), (B) perbandingan antara membran Co-EDVB 12% (komponen membran terdiri dari PVC, DBE dan <i>powder</i> Co-EDVB.....	19
7. Ilustrasi proses transpor fenol	26
8. Diagram alir penelitian.....	27
9. Membran PIM Co-EDVB 10%.....	29
10. Grafik pengaruh konsentrasi <i>plasticizer</i> terhadap % fenol pada fasa sumber (% Cs) dan fasa penerima (%Cp).....	30
11. Grafik ML <i>Loss</i> pada variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	32
12. Grafik pengaruh jenis garam terhadap % fenol pada fasa sumber dan fasa penerima.....	33
13. Grafik ML <i>Loss</i> pada variasi jenis garam	34
14. Grafik pengaruh konsentrasi garam pada fasa sumber terhadap %fenol pada fasa sumber dan fasa penerima.....	35

15. Grafik ML <i>Loss</i> pada variasi konsentrasi garam pada fasa sumber.....	37
16. Grafik pengaruh konsentrasi garam pada fasa penerima terhadap % fenol pada fasa sumber dan fasa penerima.....	38
17. Grafik ML <i>Loss</i> pada variasi konsentrasi garam pada fasa penerima.....	39
18. Grafik pengaruh pemakaian berulang (A) tanpa pencucian (B) dengan pencucian membran PIM terhadap % fenol pada fasa sumber dan fasa penerima	40
19. Grafik ML <i>Loss</i> pada pemakaian berulang membran PIM (A) tanpa pencucian (B) dengan pencucian	41
20. Grafik Pengukuran pH <i>lifetime</i>	43
21. Morfologi permukaan membran PIM (A) sebelum transpor (B) sesudah transpor 29 hari tanpa penambahan garam (C) sesudah transpor 58 hari dengan penambahan garam NaNO_3 0,1 M	45
22. Perbandingan spektra IR (A) setelah transpor penambahan KNO_3 (B) setelah transpor penambahan Na_2SO_4 (C) setelah transpor dengan NaCl (D) setelah transpor tanpa penambahan garam (E) setelah transpor penambahan NaNO_3 (F) sebelum transpor	46
23. Kurva kalibrasi fenol pada variasi konsentrasi <i>plasticizer</i>	63
24. Kurva standar variasi jenis garam	66
25. Kurva kalibrasi fenol pada variasi konsentrasi garam pada fasa sumber.....	68
26. Kurva kalibrasi fenol pada variasi konsentrasi garam pada fasa penerima.....	71
27. Kurva kalibrasi fenol pada pemakaian berulang (tanpa pencucian).....	73
28. Kurva kalibrasi fenol pada pemakaian berulang (dengan pencucian).....	76

I. PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Perkembangan industri menyebabkan munculnya beberapa permasalahan baru, salah satunya adalah masalah pencemaran lingkungan, seperti bahan buangan (limbah) industri. Salah satu limbah industri adalah limbah fenol. Fenol adalah senyawa organik yang sangat beracun yang dapat ditemukan dalam beragam bidang industri seperti migas, farmasi, cat, elektronik bahkan rumah sakit. Fenol merupakan polutan utama dalam air. Hal ini akan menyebabkan pengaruh yang kronis pada manusia. Senyawa tersebut sangat beracun, berbahaya, korosif, karsinogenik serta sulit untuk didegradasi. Senyawa ini dapat mengakibatkan kerusakan hati, ginjal, penurunan darah dan pelemahan detak jantung (Kalaierasan and Palvannan, 2014).

Pengolahan fenol perlu dilakukan untuk mengatasi dampak yang ditimbulkan dari pencemaran senyawa fenol. Secara umum pengolahan fenol dibagi menjadi dua, yaitu dengan menurunkan kadar fenol dan melakukan *recovery* pada senyawa fenol. Penurunan kadar fenol telah dilakukan oleh Desmiartia, dkk (2014) dengan menggunakan sistem *thermal* plasma. *Recovery* fenol salah satunya telah dilakukan oleh Molva (2004) dengan memisahkan fenol dari air limbah menggunakan batu bara muda (*lignitic coals*).

Teknologi pemisahan berbasis membran cair saat ini semakin banyak menarik perhatian, karena teknologi ini mempunyai spektrum pemisahan yang luas, selektif dan mudah dilakukan. *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) merupakan salah satu metode membran cair. Pada membran cair prinsip pemisahan tidak ditentukan oleh membran itu sendiri, tetapi oleh sifat senyawa *carrier* spesifik.

PIM dalam prosesnya melibatkan senyawa *carrier*. PIM dapat dibuat dengan menggunakan *dibenzyl eter* (DBE) sebagai *plasticizer*, polivinil klorida (PVC) digunakan sebagai membran pendukung untuk membentuk membran, dan senyawa pembawa seperti Copoly Eugenol Divinil Benzena (Co-EDVB). Co-EDVB merupakan hasil polimerisasi atau taut silang antara eugenol dan Divinil Benzena (DVB). DVB adalah senyawa diena yang dapat mengalami polimerisasi adisi. Ikatan rangkap dua pada senyawa diena ini mempunyai sifat reaktif sehingga proses sintesis dapat dilakukan pada suhu kamar (Misran, 2002).

Eugenol merupakan salah satu komponen kimia yang terdapat pada minyak daun cengkeh. Apabila penggunaan minyak daun cengkeh diperluas, maka potensi pohon cengkeh akan meningkat. Keberadaan minyak cengkeh yang cukup melimpah di Indonesia menjadi salah satu alasan mengapa eugenol layak untuk dikembangkan. Oleh karena itu, pengembangan dan pemanfaatan eugenol perlu diperluas untuk meningkatkan nilai ekonomis dari senyawa 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 gugus alil, eter, dan fenol (Sastrohamidjojo, 2014).

Polimerisasi dengan melibatkan senyawa diena dan senyawa epoksida dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh struktur tertaut silang dalam hasil akhirnya. Reaksi polimerisasi eugenol ataupun polieugenol dengan suatu agen taut silang (*crosslinking agent*) akan menyebabkan berat molekul hasil polimer menjadi besar (Handayani dkk., 2004), sehingga akan mempengaruhi kemampuan membran dalam interaksi dengan senyawa target. Polimer hasil sintesis ini akan memiliki berat molekul yang besar, sehingga akan memiliki sisi aktif (gugus – OH dan cincin benzena) lebih banyak. Peningkatan sisi aktif pada polimer hasil sintesis ini diharapkan dapat meningkatkan kecepatan transpor sehingga proses transpor lebih cepat dan efisien.

Pada umumnya polieugenol dapat dihasilkan melalui sintesis langsung menggunakan katalis, baik asam sulfat (Handayani dkk., 2004) maupun boron trifluoro dietil eter (La Harimu dkk., 2010) tetapi polimer hasil sintesis ini belum efektif karena memiliki kemampuan interaksi dengan senyawa target yang rendah. Hal ini dimungkinkan karena polimer hasil sintesis ini memiliki berat molekul yang rendah. Hasil sintesis yang telah dilakukan oleh La Harimu dkk., (2010) menghasilkan berat molekul polieugenol 39380 mol/g. Polimer dengan berat molekul yang rendah dimungkinkan memiliki sisi aktif terbatas. Peningkatan berat molekul suatu polimer, dapat dilakukan dengan cara polimerisasi menggunakan senyawa-senyawa vinil. Reaksi polimerisasi vinil sebagian besar adalah polimerisasi adisi. Polimerisasi adisi ini hanya terjadi pada ujung rantai yang memiliki ikatan rangkap dua sehingga dapat dihasilkan berat molekul yang tinggi. DVB adalah senyawa diena yang dapat mengalami polimerisasi adisi. Ikatan rangkap dua pada senyawa diena ini mempunyai sifat reaktif sehingga proses sintesis dapat dilakukan pada suhu kamar dan hasil sintesis berupa senyawa *carrier* Co-EDVB.

Co-EDVB berfungsi sebagai senyawa *carrier* dalam pembuatan membran cair sehingga dapat digunakan dalam proses pemisahan fenol. Pemisahan fenol dengan menggunakan membran cair didasarkan atas perbedaan kelarutan fenol yang berada dalam fasa larutan dan fasa organik. Hal ini sesuai dengan definisi membran cair yaitu lapisan cair tipis yang bersifat semipermeabel yang memisahkan dua fasa cair atau dua fasa gas. Senyawa *carrier* tetap berada di dalam membran dan dapat bergerak jika dilarutkan dalam cairan. Salah satu membran cair yang dapat digunakan untuk memisahkan fenol adalah metode PIM. PIM dibuat dengan cara mencampurkan suatu senyawa pembawa, *plasticizer* dan polimer pendukung dalam suatu larutan, kemudian mencetaknya dalam satu cetakan hingga terbentuk film yang tipis, stabil dan fleksibel (Mulder, 1996).

PIM dianggap mampu meningkatkan kestabilan dalam proses transpor karena dua komponen, yaitu polimer dasar (misalnya polivinil klorida-PVC) yang diharapkan dapat mengatasi kebocoran senyawa *carrier*, dan *plasticizer* yang

berfungsi untuk membuat membran menjadi lebih elastis. Keunggulan dari PIM adalah mudah dalam sistem operasinya, dapat meminimalkan penggunaan bahan kimia, serta komposisi membran yang fleksibel dan selektif sebanding dengan pemisahan yang efisien (Nghiem *et al.*, 2006).

Sari (2019) telah melakukan transpor fenol dengan membran PIM menggunakan Co-EDVB 10% sebagai senyawa *carrier*, PVC sebagai polimer pendukung, dan DBE sebagai *plasticizer*. Hasil penelitian Sari (2019) menyatakan bahwa pada transpor fenol 60 ppm dapat digunakan kondisi pH optimum 5,5 pada fasa sumber dan NaOH 0,1 M pada fasa penerima. Pada kondisi tersebut membran PIM mampu mentranspor fenol dengan baik, pada waktu optimum 48 jam. Akan tetapi, membran PIM tersebut belum dilakukan uji stabilitas dan kemampuan terhadap transpor fenol, sehingga perlu dilakukan penelitian tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan studi stabilitas dan kemampuan Co-EDVB 10% untuk transpor fenol menggunakan metode PIM. Penelitian yang akan dilakukan adalah optimasi penggunaan Co-EDVB 10% sebagai senyawa *carrier* dalam metode PIM meliputi, uji stabilitas dan kemampuan transpor fenol meliputi variasi konsentrasi *plasticizer*, variasi jenis garam, variasi konsentrasi garam, kemampuan berulang pada membran PIM, dan umur membran (*lifetime*).

12 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan uji stabilitas membran PIM dengan parameter pengaruh konsentrasi *plasticizer*, jenis garam, dan konsentrasi garam.
2. Melakukan uji kemampuan membran PIM melalui pemakaian berulang dan umur membran (*lifetime*).
3. Melakukan karakterisasi membran PIM sebelum dan sesudah transpor menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

13 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang akan diperoleh diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pemanfaatan polimer tertaut silang Co-EDVB 10 % sebagai senyawa *carrier*.
2. Memberikan wacana baru dalam pemanfaatan polimer dalam bidang analisis kimia serta meningkatkan nilai ekonomis dari eugenol.
3. Meningkatkan aplikasi metode membran cair terutama PIM dalam upaya pengurangan polutan organik, khususnya senyawa fenol pada lingkungan perairan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fenol

Fenol (C_6H_6O) merupakan senyawa organik yang mempunyai gugus hidroksil yang terikat pada cincin benzena. Fenol dan turunannya ditemukan sebagai polutan dalam limbah cair industri seperti industri petrokimia, agrokimia, batu bara dan beberapa proses kimia lainnya. Senyawa tersebut sangat beracun, berbahaya, korosif, karsinogenik serta sulit untuk didegradasi. Senyawa fenol dapat memberikan efek yang buruk terhadap manusia, antara lain berupa kerusakan hati dan ginjal, penurunan tekanan darah, pelemahan detak jantung, hingga kematian. Fenol merupakan senyawa yang bersifat toksik dan korosif terhadap kulit (iritasi) dan pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia hingga kematian pada organisme (Hudori dan Yulianto, 2011).

Penanganan fenol dapat dilakukan dengan menggunakan metode adsorpsi. Metode adsorpsi memiliki kelemahan yaitu diperlukannya regenerasi adsorben ketika sudah jenuh dengan senyawa organik. Selain itu, polutan organik yang telah diadsorpsi dalam adsorben masih tetap berbahaya karena tidak dapat didegradasi menjadi senyawa lain yang tidak berbahaya. Metode lain untuk penanganan fenol adalah dengan menggunakan membran (Park *et al.*, 2006).

Fenol menguap lebih lambat daripada air dan larut dengan baik dalam air, tetapi tidak larut dalam natrium karbonat. Fenol juga dapat larut dalam pelarut organik seperti hidrokarbon aromatik, alkohol, keton, eter, asam, dan hidrokarbon halogen. Adapun sifat-sifat fisika fenol adalah sebagai berikut:

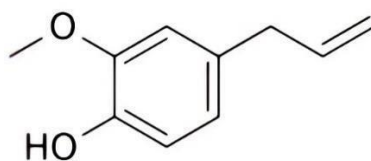
1. Rumus molekul : C_6H_5OH
2. Berat molekul : 94,11g/mol
3. Wujud : Cairan tidak berwarna
4. Densitas : 1,07g/cm³
5. Titik didih : 181,75 °C (pada 101,3 kPa)
6. Titik beku : 40,9 °C (pada 101,3 kPa)
7. Kelarutan dalam air (20 °C) : 8,3 g/100ml
8. Bersifat korosif (Figueiredo and Pereira, 2010)

Fenol terdapat pada limbah cair sebagai komponen utama dari beberapa aktivitas industri batu bara, pekerjaan tambang, penyulingan gasolin, produksi farmasi, pabrik baja dan besi, dan penyamakan kulit (Michałowicz and Duda, 2007). Fenol juga dihasilkan dari limbah cair industri mikro elektronik, industri minyak dan gas, tekstil, kertas, otomotif, pabrik bahan kimia, *fiberglass*, pulp, perekat, kayu lapis, cat, keramik, plastik, formaldehida, dan sebagainya. Fenol bila mencemari perairan dapat menimbulkan rasa dan bau tidak sedap (Hudori dan Yulianto, 2011) dan pada konsentrasi tertentu akan menyebabkan kematian organisme di perairan. Fenol dapat menimbulkan efek kronik bagi organisme dan menyebabkan kematian ikan pada konsentrasi yang sangat rendah, yakni 5-25 mg/L (Alva and Peyton, 2003).

2.2. Eugenol dan Copoly-Eugenol Divinil Benzene (Co-EDVB) 10%

Eugenol merupakan salah satu komponen kimia dalam minyak daun cengkeh yang dihasilkan melalui destilasi uap (Sastrohamidjojo, 2014). Eugenol memiliki rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$ dengan warna bening hingga kuning pucat, kental seperti minyak dan mudah larut dalam pelarut organik. Eugenol sedikit larut dalam air dan memiliki berat molekul 164,2 gram/mol. Produksi eugenol dapat

dilakukan melalui proses isolasi dari minyak daun cengkeh. Struktur senyawa Eugenol dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Eugenol

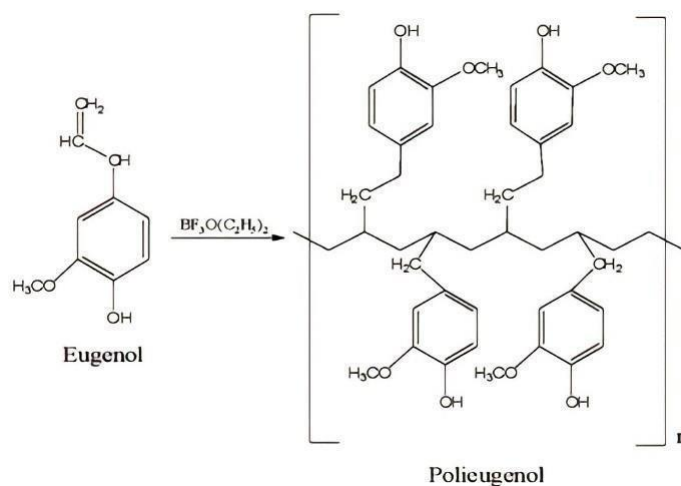
Komponen eugenol yang terdapat dalam minyak daun cengkeh berkisar antara 80-90 % dan sisanya merupakan kariofilen. Eugenol mempunyai gugus hidroksi, metoksi, dan alil. Adanya gugus hidroksi menyebabkan Eugenol sebagai senyawa fenolik yang bersifat asam dan mudah dipisahkan dari senyawa non fenolik lainnya dengan cara ekstraksi cair-cair menggunakan pelarut aktif (Sastrohamidjojo, 2014), sedangkan sifat fisik dan kimia Eugenol dapat disajikan pada Tabel 1 (Walkowiak *et al.*, 2002).

Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Eugenol

Karakteristik	Eugenol
Berat jenis (g/cm ³)	1,06
Indeks bias (25°C)	1,53-1,54
Titik didih (°C)	256
Titik leleh (°C)	-9
Warna	Bening ke kuning pucat
Aroma	Aroma cengkeh
Kelarutan	Larut 1:2 dalam alkohol 70 % tidak larut dalam air, larut dalam eter, kloroform dan asam asetat

Reaksi polimerisasi dengan bahan baku senyawa alam seperti eugenol merupakan suatu hal yang relatif baru untuk dilakukan. Hal tersebut memungkinkan pengembangan dan pemanfaatan monomer eugenol semakin luas. Eugenol dapat

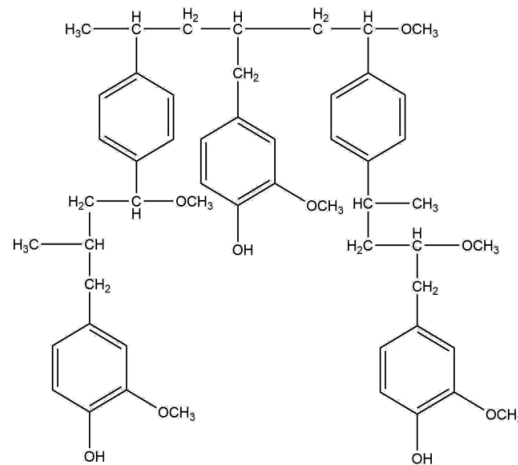
dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam sintesis polieugenol yang dapat digunakan sebagai *carrier* dalam transpor membran cair. Syarat polimer yang dapat digunakan sebagai *carrier* pada fasa membran yaitu mempunyai berat. Proses polimerisasi eugenol merupakan proses polimerisasi adisi kationik, hal ini dikarenakan gugus vinil dari polieugenol mengalami reaksi adisi. Reaksi polimerisasi menggunakan katalis $\text{BF}_3\text{OH}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ terjadi melalui tahapan inisiasi, propagasi, dan terminasi. Pada tahap inisiasi terjadi polimerisasi berkelanjutan sampai diperoleh rantai monomer yang panjang. Pada tahap propagasi terjadi penataan ulang intermolekuler dari karbokation. Pada tahap terminasi dilakukan penambahan metanol untuk menghentikan pertumbuhan rantai. Reaksi polimerisasi eugenol menjadi polieugenol dapat dilihat pada Gambar 2 (Kiswandono., 2014).



Gambar 2. Reaksi polimerisasi eugenol menjadi polieugenol

Peningkatan berat molekul diasumsikan meningkatkan jumlah sisi aktif suatu polimer. Peningkatan sisi aktif suatu polimer dapat dilakukan dengan cara kopolimerisasi melalui ikatan rangkap dua (senyawa-senyawa diena). Divinil benzena merupakan salah satu contoh senyawa diena yang dapat digunakan untuk dilakukan reaksi kopolimerisasi. Ikatan rangkap dua pada senyawa diena mempunyai sifat yang reaktif sehingga proses sintesis dapat dengan mudah dilakukan hanya pada suhu kamar menggunakan katalis asam lunak. Polimerisasi senyawa diena akan terjadi pada bagian gugus alil. Polimerisasi antara eugenol dengan divinil benzena menghasilkan kopolimer (eugenol-DVB).

Kopoli(eugenol-DVB) diharapkan dapat meningkatkan jumlah sisi aktif pada polimer yang digunakan sebagai senyawa *carrier* pada proses transpor fenol. Prediksi struktur kopoli(eugenol-DVB) dapat dilihat pada Gambar 3 (Kiswandono, 2014).



Gambar 3. Prediksi struktur kopoli(eugenol-DVB)

2.3. Teknologi Membran

Membran adalah lapisan semipermeabel yang tipis dan berfungsi sebagai penghalang di antara dua fasa. Jika senyawa dari suatu campuran berpindah melewati membran lebih cepat dari campuran senyawa lainnya, maka penggunaan membran ini akan menyempurnakan proses pemisahan tersebut. Penggunaan membran sebagai suatu teknologi pemisahan mempunyai keunggulan dibandingkan dengan teknologi pemisahan lainnya, yaitu energi yang digunakan cukup rendah sehingga ekonomis, karena pemisahan menggunakan membran tidak melibatkan perubahan fasa. Teknologi membran bersifat efisien, sederhana, memiliki selektivitas yang tinggi serta aman bagi lingkungan. Pemisahan dengan membran tergolong hal yang baru dan cepat berkembang. Membran tidak hanya penting dalam proses biologi, namun telah berkembang dan digunakan dalam dunia industri, seperti dalam proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi (Kislik, 2010).

Mulder (1996) membagi membran menjadi tiga jenis berdasarkan pada struktur dan prinsip pemisahannya antara lain adalah membran berpori, membran tidak berpori, dan membran cair. Beberapa peneliti mengklasifikasikan membran cair menjadi lima tipe, yaitu membran cair ruah (*Bulk Liquid Membrane*, BLM), membran cair emulsi (*Emulsion Liquid Membrane*, ELM), membran cair berpendukung (*Supported Liquid Membrane*, SLM), membran cair terisi (CLM) dan *electrostatic pseudo liquid membrane* (ESPLIM). Klisik (2010) juga 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.

PIM merupakan modifikasi dari membran SLM. Membran SLM dan PIM sama-sama melibatkan transpor selektif dan menargetkan zat terlarut (senyawa target) dari satu larutan melalui membran yang memisahkan antara fasa sumber dan fasa penerima. PIM memiliki kelebihan yaitu memiliki stabilitas yang baik karena tingkat kebocoran senyawa *carrier* pada saat proses transpor sangat rendah dibandingkan SLM (Kiswandono *et al.*, 2019). Pemakaian PVC pada PIM akan menstabilkan membran dengan cara menahan *senyawa carrier* supaya tetap pada membran. Pembuatan membran pada metode PIM akan membentuk lapisan yang tipis, stabil, dan elastis sehingga metode ini dapat diaplikasikan secara praktis di lapangan. Komponen penyusun membran yang hilang (ML Loss) saat transpor digunakan sebagai parameter ketahanan, kekuatan, dan umur membran (Kislik, 2010).

Mulder (1996) juga menuliskan bahwa membran cair merupakan salah satu dari teknologi membran, yakni lapisan semipermeabel tipis yang dapat digunakan untuk memisahkan dua komponen dengan cara menahan dan melewatkan komponen tertentu. Prinsip pemisahan membran cair ditentukan oleh sifat molekul pembawa spesifik. Senyawa *carrier* berada tetap di dalam membran dan dapat bergerak jika dilarutkan dalam cairan. Senyawa *carrier* juga harus menunjukkan aktivitas yang spesifik terhadap satu komponen pada fasa sumber

sehingga diperoleh selektivitas yang tinggi. Selain itu, permiselektivitas komponen sangat tergantung pada spesifikasi senyawa *carrier*. Membran cair terdiri dari cairan yang berperan sebagai penghalang semipermeabel dan tidak bercampur dengan fasa sumber maupun fasa penerima (Bartsch *and* Way, 1996).

2.4. Polymer Inclusion Membrane (PIM)

Metode PIM merupakan salah satu metode membran cair yang dapat meningkatkan kestabilan membran karena dua hal, yaitu adanya polimer dasar dan *plasticizer*. Polimer dasar misalnya PVC pada membran diharapkan dapat mengatasi kebocoran dari senyawa *carrier*. *Plasticizer* misalnya DBE pada membran berfungsi untuk membuat sistem membran menjadi lebih stabil (Dzygiel *and* Wieczorek, 2010). PIM telah diakui memiliki stabilitas yang baik karena tingkat kebocoran senyawa *carrier* pada saat proses transpor sangat kecil (rendah) dibandingkan dengan membran cair SLM (Nghiem *et al.*, 2006).

PIM melibatkan transpor selektif dan menargetkan zat terlarut (senyawa target) dari satu larutan melalui membran yang memisahkan antara fasa sumber dan fasa penerima. Membran PIM terdiri dari polimer pendukung, senyawa *carrier*, dan *plasticizer*. Pemakaian PVC pada PIM dapat menstabilkan membran dengan cara menahan molekul pembawa agar tetap berada pada membran. Modifikasi menggunakan PVC untuk pembentukan gel merupakan keuntungan dari metode PIM (Kislik, 2010). Pembuatan membran pada metode PIM menggunakan larutan yang mengandung senyawa pembawa atau ekstrak, *plasticizer*, dan polimer dasar seperti *Cellulosetriacetate* (CTA) atau PVC membentuk lapisan yang tipis, stabil, dan fleksibel. Hasilnya adalah membran *self-supporting* yang dapat digunakan untuk memisahkan larutan yang diinginkan dengan cara yang mirip dengan SLM (Nghiem *et al.*, 2006).

Faktor-faktor yang berkaitan dengan pengaruh dan kemampuan dari membran PIM dalam transpor suatu analit, yaitu :

1. Komposisi penyusun membran
2. Sifat polimer dasar atau pendukung, senyawa *carrier* dan *plasticizer*
3. Morfologi membran
4. Sifat kimia dari larutan berair dalam membuat fasa sumber dan fasa penerima.

(Nghiem *et al.*, 2006)

Penelitian menggunakan metode PIM telah dilakukan oleh Kozlowski (2006) dan Pont *et al* (2008). Kozlowski (2006) menggunakan PIM untuk transpor ion logam Pb(II), Cd(II) dan Zn(II). Hasilnya metode PIM efektif untuk mentranspor ion logam. Pont *et al* (2008) menggunakan PIM untuk transpor selektif dan penghilangan Cd dan larutan klorida. Hasil penelitian menyatakan bahwa PIM terbukti efektif untuk transpor Cd baik dalam media garam maupun asam.

2.5. Analisis dan Karakterisasi

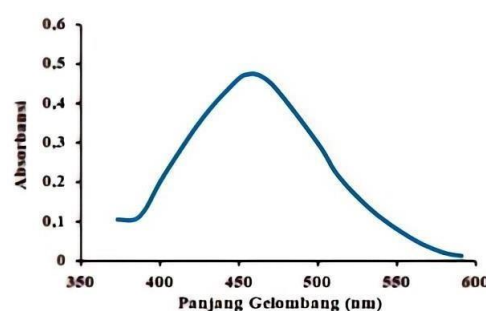
Penelitian ini akan dilakukan analisis hasil transpor fenol menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, lalu karakterisasi membran menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR).

2.5.1. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran serapan cahaya di daerah ultraviolet (200-350 nm) dan sinar tampak (350-800 nm) oleh suatu senyawa. Serapan cahaya UV atau Vis (cahaya tampak) mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Semua molekul dapat mengabsorpsi radiasi daerah UV-Vis karena mengandung elektron, baik sekutu maupun menyendiri, yang dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Cahaya yang diserap oleh suatu zat berbeda dengan cahaya yang ditangkap oleh mata manusia. Cahaya yang tampak atau cahaya yang dilihat dalam kehidupan sehari-hari disebut warna komplementer. Misalnya suatu zat akan berwarna orange bila menyerap warna biru dari spektrum sinar tampak dan suatu zat akan berwarna hitam bila menyerap semua warna yang terdapat pada spektrum sinar tampak. Prinsip kerja spektrofotometer adalah bila cahaya (monokromatik maupun campuran) jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari cahaya masuk akan dipantulkan, sebagian diserap dalam medium itu dan sisanya diteruskan. Nilai yang keluar dari cahaya yang diteruskan dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi sampel. Hukum *Beer* menyatakan nilai absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan bahan atau medium (Skoog *et al.*, 2004)

Analisis hasil transpor fenol dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, serta perlu menentukan panjang gelombang maksimum fenol terlebih dahulu. Absorbansi yang semakin tinggi menunjukkan bahwa panjang gelombang yang diperoleh semakin baik. Panjang gelombang maksimum fenol yang diperoleh pada penelitian Kiswandono *et al* (2019) yaitu 456 nm (Gambar 4). Panjang gelombang ini yang akan digunakan untuk penentuan konsentrasi fenol pada prosedur selanjutnya.



Gambar 4. Panjang gelombang maksimum fenol

Panjang gelombang maksimum yang diperoleh dapat dikatakan sesuai dengan Badan Standarisasi Nasional SNI 06-6989.21-2004 yaitu 460 nm. Hal ini dikarenakan panjang gelombang yang diperoleh dengan panjang gelombang fenol

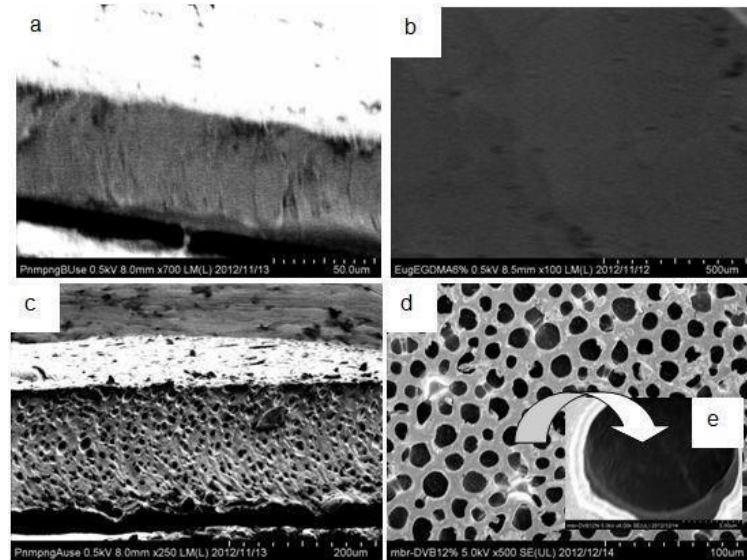
menurut Badan Standarisasi Nasional SNI 06-6989.21-2004 memiliki rentang tidak jauh berbeda ($460 \text{ nm} \pm 5$). Penelitian lain mengenai panjang gelombang maksimum fenol telah dilakukan sebelumnya, yaitu pada panjang gelombang 455 nm (Kiswandono *et al.*, 2019).

2.5.2. Scanning Electron Microscope (SEM)

Metode analisis yang sangat penting dalam karakterisasi morfologi polimer adalah metode analisis menggunakan *scanning electron microscope* (SEM). SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. SEM memiliki prinsip memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) di permukaan obyek dan mengambil gambarnya dengan cara mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan obyek (Skoog *et al.*, 2004).

Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Interaksi berkas elektron dengan spesimen akan menghasilkan pola difraksi elektron yang dapat memberikan informasi mengenai monografi ataupun topografi permukaan serta jenis unsur dan distribusinya. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripadacahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Skoog *et al.*, 2004).

Kiswandono dkk (2013) telah melakukan penelitian transpor fenol menggunakan metode PIM dengan Co-EDVB sebagai senyawa *carrier*. Kemudian dalam penelitiannya menunjukkan perbedaan penampakan pori-pori membran saat sebelum dan sesudah dilakukan transpor. Pori-pori membran tersebut ditunjukkan dengan hasil SEM Gambar 5 (Kiswandono dkk., 2013).



Gambar 5. SEM kopoli (eugenol-DVB) 12%. Sebelum pengangkutan (a) penampang, 700x (b) penampang 100x. Setelah pengangkutan (c) Penampang 250x (d) Penampang permukaan 500x dan (e) Penampang permukaan 8000x

Membran yang digunakan dalam penelitian Kiswandono dkk., (2013) adalah membran cair berpori. Kekuatan tarik membran berkurang dikarenakan hilangnya komponen-komponen membran selama proses pengangkutan berlangsung. *Plasticizer* menutup pori-pori pada membran. Ketika dilakukan transpor dimungkinkan akan ada komponen membran yang hilang (*leaching*). Komponen membran yang hilang itu akan mengakibatkan permukaan membran PIM berpori. Hal ini juga didukung oleh hasil pemindaian mikroskop elektron membran (Gambar 5). Gambar ini menunjukkan bahwa hampir seluruh permukaan dan penampang membran berpori. Artinya dalam proses pengangkutan terjadi kehilangan, sehingga penampang dan permukaan membran menjadi keropos setelah pengangkutan (Kiswandono dkk., 2013).

2.5.3. *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR)*

Karakterisasi senyawa polimer dapat dilakukan dengan Spektrofotometer inframerah. Spektrofotometer inframerah merupakan teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, foto konduktivitas atau *Raman Scattering* dari sampel padat, cair, dan gas. Prinsip kerja FTIR adalah adanya interaksi energi dengan materi. Misalkan dalam suatu percobaan berupa molekul senyawa yang ditembak dengan energi dari sumber sinar yang akan menyebabkan molekul tersebut mengalami vibrasi. Vibrasi dapat terjadi karena energi yang berasal dari sinar *infrared* tidak cukup kuat untuk menyebabkan terjadinya atomisasi ataupun eksitasi elektron pada molekul senyawa yang ditembak dimana besarnya energi vibrasi tiap atom atau molekul berbeda tergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkan sehingga dihasilkan frekuensi yang berbeda pula. FTIR berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ dimana cm^{-1} disebut sebagai *wavenumber*, yakni suatu ukuran unit untuk frekuensi (Thermo, 2001).

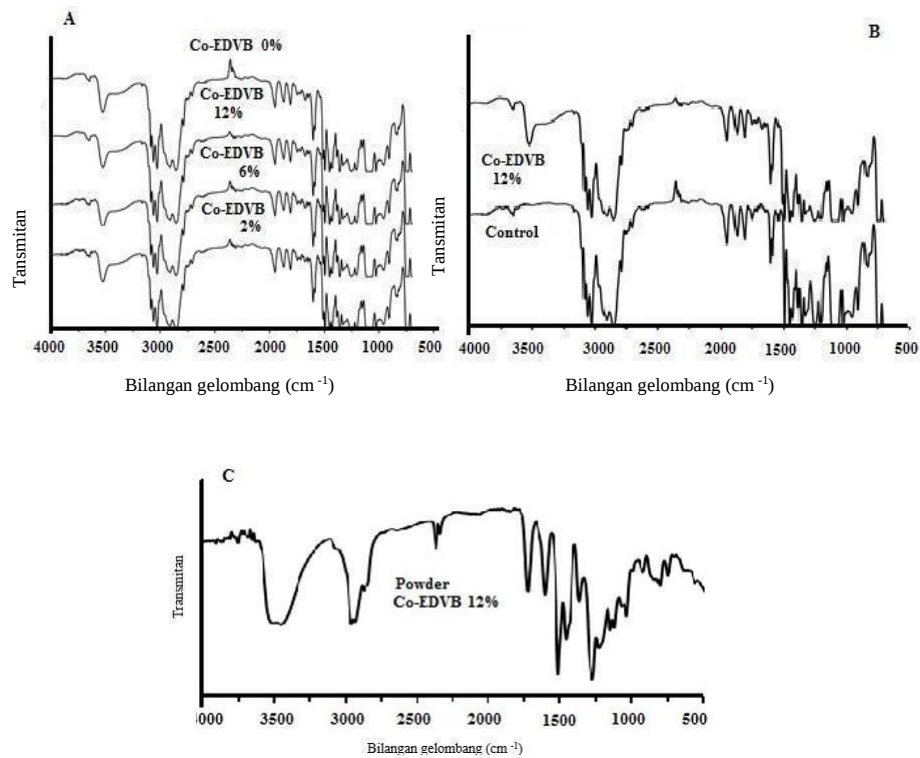
Analisis menggunakan spektrofotometri FTIR dapat mengidentifikasi material yang belum diketahui dan dapat menentukan kualitas dan jumlah komponen sebuah sampel. Karakterisasi FTIR dilakukan pada hasil taut silang senyawa pembawa sebelum dan sesudah polimerisasi yang bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa pembawa, sehingga dapat menunjukkan keberhasilan sintesis senyawa pembawa tersebut. Pada membran PIM karakterisasi FTIR dilakukan sebelum dan sesudah transpor, hasil karakterisasi menunjukkan spektrum serapan yang spesifik mengidentifikasi gugus fungsi yang terserap pada membran sebelum dan sesudah transpor (Thermo, 2001).

Karakterisasi FTIR menunjukkan perbedaan gugus fungsi pada membran sebelum dan sesudah transpor sehingga dapat diketahui komponen yang hilang pada membran. Selain itu, komponen membran yang hilang juga dibuktikan dengan

selisih berat membran sebelum dan sesudah transpor. Hilangnya komponen membran ini disebut dengan *membrane liquid (ML) loss*. Parameter transpor yang dievaluasi adalah variasi konsentrasi *plasticizer*, variasi jenis garam, variasi konsentrasi garam, pemakaian berulang dan umur membran. Komponen membran yang hilang bisa berasal dari DBE, PVC atau senyawa pembawa (Kiswandono dkk., 2012).

Sebelum membran digunakan untuk transpor fenol, terdapat puncak dalam spektra IR yang mengindikasikan adanya *-OH stretching*, *-CH aromatik stretching*, *-CH alkana stretching* dan *-C=C aromatik stretching*. Serapan yang muncul merupakan serapan milik Co-EDVB sebagai molekul senyawa pembawa penyusun membran. Setelah membran dipakai untuk transpor fenol, intensitas pada bilangan gelombang ini masih terlihat tetapi dengan intensitas yang rendah karena telah didominasi oleh air. Hasil perbandingan dari kedua spektra menunjukkan bahwa gugus fungsi pada daerah $400 - 1500 \text{ cm}^{-1}$ relatif tidak mengalami pergeseran maupun perbedaan intensitas. Puncak *-OH stretching* pada bilangan gelombang 3522 cm^{-1} terlihat mengalami pelebaran puncak. Hal ini karena selama proses transpor, membran berada di antara dua fasa dan digunakan untuk melewatkan fenol dari fasa sumber ke fasa penerima sehingga ada air yang masuk ke dalam pori-pori membran. Hasil karakterisasi membran dengan FTIR ditunjukkan pada Gambar 6 (Kiswandono dkk., 2015).

Membran PIM merupakan membran yang tidak dapat kering secara maksimal sehingga saat karakterisasi dengan IR, membran PIM diduga masih mengandung air. Munculnya tiga puncak tajam pada daerah $1750 \text{ cm}^{-1} - 2000 \text{ cm}^{-1}$ diduga adalah milik PVC atau DBE. Ketiga puncak ini menjadi penting karena puncak ini merupakan salah satu komponen penyusun membran sehingga dapat memberikan tambahan informasi komponen membran mana saja yang hilang saat terjadinya proses transpor. Membran sebelum dan setelah transpor dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer inframerah seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Spektra FT-IR membran (A) Co-DVB sebelum digunakan untuk transpor fenol (komponen membran terdiri dari PVC, DBE dan *powder* Co-EDVB (0, 2, 6 dan 12%), (B) perbandingan antara membran Co-EDVB 12% (komponen membran terdiri dari PVC, DBE dan *powder* Co-EDVB

Identifikasi gugus fungsi pada membran sebelum digunakan untuk transpor fenol menunjukkan beberapa puncak seperti pada Tabel 2 (Kiswandono dkk., 2015).

Tabel 2. Gugus fungsi pada membran PIM sebelum transpor fenol

No	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus fungsi
1	3522	-OH <i>stretching</i>
2	3062	-C-H <i>stretching</i> aromatik
3	2911	-C-H <i>stretching</i> alkana
4	1602	-C=C <i>stretching</i> aromatik

Hasil perbandingan dari kedua spektra menunjukkan bahwa gugus fungsi pada daerah bilangan gelombang 400-1500 cm^{-1} relatif tidak mengalami pergeseran maupun perbedaan intensitas. Pada bilangan gelombang 3522 cm^{-1} yang merupakan bilangan gelombang -OH stretching terlihat mengalami pelebaran puncak. Hal ini karena selama proses transpor, membran berada di antara dua fasa dan digunakan untuk melewati fenol dari fasa sumber ke fasa penerima sehingga ada air yang masuk ke dalam pori-pori membran. (Kiswandono dkk., 2015).

Gambar 6a,b jika dibandingkan dengan Gambar 6c (spektra FT-IR serbuk polieugenol, Co-EDVB 2%, Co-EDVB 6% dan Co-EDVB 12%). Terlihat bahwa di Gambar 6a,b muncul tiga *peak* tajam pada daerah 1750 cm^{-1} - 2000 cm^{-1} tetapi tidak ada pada spektra di Gambar 6c, yaitu pada serbuk polimer hasil sintesis, sehingga tiga *peak* ini diduga adalah milik DBE atau PVC. Ketiga *peak* kini menjadi penting karena *peak* ini merupakan salah satu komponen penyusun membran sehingga dapat memberikan tambahan informasi komponen membran mana saja yang hilang saat terjadinya proses transpor. Gambar 6c adalah spektra membran Co- EDVB sebelum digunakan untuk transpor fenol dan spektra membran kontrol (Kiswandono dkk., 2015).

III. METODE PENELITIAN

3. 1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilakukan pada Januari-Juni 2022, bertempat di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT-LTSIT) Universitas Lampung, dan analisis spektrofotometer Ultraviolet-Visibel (UV-Vis) dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3. 2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat-alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *magnetic stirrer*, *magnetic bar*, neraca digital analitik (Mettler Toledo AB54-S), pipet tetes, spatula, tabung reaksi, corong pisah, statif dan klem, satu set alat transpor fenol (*chamber* berdiameter 3,5 cm, *thickness gauge* (Mitutoyo 7301), pH meter (Metrohm 827), *Scanning Electron Microscope* (SEM) (JSM 6360LA), spektrofotometer UV-Vis (Hitachi U-2010), spektrofotometer *Fourier transform infrared* (FTIR) (Perkin Elmer 99951), gelas ukur, gelas kimia, batang pengaduk, spatula, labu bulat, dan labu takar.

3.2.2. Bahan-bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kopoli(Eugenol-DVB) 10%. Bahan kimia semua kualitas *pure analysis* produksi *Merck* yaitu fenol (C_6H_5OH), 4-aminoantipirin (4-AAP), dibenzil eter (DBE), polivinil klorida (PVC), tetrahidrofuran (THF), natrium hidroksida (NaOH), kalium klorida (KCl), natrium klorida (NaCl), natrium nitrat ($NaNO_3$), natrium sulfat (Na_2SO_4), kalium nitrat (KNO_3), kloroform($CHCl_3$), $K_4Fe(CN)_6$, asam klorida (HCl), kalium ferri sianida ($K_3[Fe(CN)_6]$), pH indikator, buffer fosfat dan kertas saring.

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Pembuatan Membran PIM

Perbandingan kopoli(eugenol-DVB) sebagai senyawa *carrier*, PVC sebagai polimer dasar, dan DBE sebagai *plasticizer* adalah 10%:32%:58%. Komposisi membran PIM dapat dilihat pada Tabel 3 (Kiswandono, 2014).

Tabel 3. Komposisi membran

No	PVC (g)	Co-EDVB 10% (g)	DBE (g)
1	0,1728	0,0540	0,3032
2	0,1728	0,0540	0,3100
3	0,1728	0,0540	0,3132
4	0,1728	0,0540	0,3200
5	0,1728	0,0540	0,3232

Tetrahidrofuran (THF) sebanyak 10 mL ditambahkan pada komponen membran PIM. THF berfungsi sebagai pelarut untuk menghomogenkan campuran (komponen membran) di dalam cetakan. Pelarutan berlangsung selama 30 menit. Membran hasil cetakan didiamkan selama 3 hari untuk menguapkan pelarut secara alami.

3.3.2. Efek Konsentrasi *Plasticizer*

Membran PIM dibuat dengan variasi konsentrasi *plasticizer* (DBE, Dibenzil Eter). Konsentrasi yang digunakan *plasticizer* adalah 3,21%; 3,28%; 3,32%; 3,39%; dan 3,42% (b/b) dengan massa DBE yang ditambahkan secara berurutan adalah 0,3032; 0,3100; 0,3132; 0,3200; dan 0,3232 g (Kiswando, 2014). Setelah membran ditimbang, selanjutnya membran ditempatkan pada pipa transpor fenol. Kemudian pada kolom fasa sumber dan fasa penerima diisi masing-masing 50 mL fenol 60 ppm pH 5,5 dan 50 mL NaOH 0,1 M. Pipa transpor ditutup dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 48 jam pada suhu kamar. Setelah 48 jam, membran PIM dilepas dan dikeringkan dengan cara dibiarkan di udara terbuka selama 48 jam. Untuk mengetahui berat membran setelah transpor, membran PIM ditimbang. Konsentrasi fenol pada fasa penerima dan fasa sumber dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 456 nm (Sari, 2019). Membran PIM yang telah digunakan untuk transpor fenol dikarakterisasi dengan FTIR.

3.3.3. Efek Jenis Garam

Membran PIM dengan komposisi optimum *plasticizer* pada prosedur sebelumnya ditimbang terlebih dahulu. Kemudian membran PIM ditempatkan pada pipa transpor fenol. Pada kolom masing-masing fasa sumber (5 *chamber*) diisi campuran 50 mL fenol (60 ppm pH 5,5) dengan garam 0,01 M. Garam tersebut adalah KCl, NaCl, NaNO₃, Na₂SO₄, dan KNO₃. Sementara pada fasa penerima dimasukkan 50 mL NaOH 0,1 M. Pipa transpor ditutup dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 48 jam pada suhu kamar. Setelah 48 jam, membran PIM dilepas dan dikeringkan dengan cara dibiarkan di udara terbuka selama 48 jam. Untuk mengetahui berat membran setelah transpor, membran PIM ditimbang. Konsentrasi fenol pada fasa penerima dan fasa sumber dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 456 nm (Sari, 2019).

3.3.4. Efek Konsentrasi Garam pada Fasa Sumber

Transpor fenol dengan penambahan garam pada fasa sumber. Membran PIM dengan komposisi optimum jenis garam sebelum digunakan ditimbang terlebih dahulu. Kemudian membran PIM ditempatkan pada pipa transpor fenol. Pada kolom fasa sumber diisi 50 mL fenol 60 ppm pH 5,5 yang telah ditambahkan jenis garam optimum dengan variasi konsentrasi 0 M; 0,001 M; 0,01 M; 0,1 M dan 0,5 M dan pada kolom fasa penerima diisi 50 mL NaOH 0,1 M. Pipa transpor ditutup dan diaduk dengan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerima selama 48 jam pada suhu kamar. Setelah 48 jam, membran PIM dilepas, dikeringkan dengan cara dibiarkan di udara terbuka selama 48jam, dan ditimbang. Konsentrasi fenol pada fasa penerima dan fasa sumber dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 456 (Sari, 2019).

3.3.5. Efek Konsentrasi Garam pada Fasa Penerima

Transpor fenol dengan penambahan garam pada fasa penerima. Membran PIM dengan komposisi optimum jenis garam sebelum digunakan ditimbang terlebih dahulu. Kemudian membran PIM ditempatkan pada pipa transpor fenol. Pada fasa sumber diisi dengan 50 mL larutan fenol 60 ppm dengan pH 5,5 sedangkan untuk fasa penerimanya diisi dengan larutan garam dengan variasi konsentrasi 0 M; 0,001 M; 0,01 M; 0,1 M dan 0,5 M dalam 50 mL NaOH 0,1 M. Pipa transpor ditutup dan diaduk dengan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerimaselama 48 jam pada suhu kamar. Setelah 48 jam, membran PIM dilepas, dikeringkan dengan cara dibiarkan di udara terbuka selama 48 jam, dan ditimbang. Konsentrasi fenol pada fasa penerimadan fasa sumber dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 456 nm (Sari, 2019).

3.3.6. Pemakaian Berulang pada Membran PIM

Membran PIM dengan komposisi optimum *plasticizer* sebelum digunakan ditimbang terlebih dahulu. Kemudian membran PIM ditempatkan pada pipa transpor fenol. Pada kolom fasa sumber diisikan 50 mL fenol 60 ppm dengan pH yang telah diatur menjadi 5,5 dan pada kolom fasa penerima diisikan 50 mL NaOH 0,1 M. Pipa transpor ditutup dan diaduk dengan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerima selama 48 jam pada suhu kamar. Setelah 48 jam, membran PIM dilepas, dikeringkan dengan cara dibiarkan di udara terbuka selama 48 jam, dan ditimbang.

Konsentrasi fenol pada fasa penerima dan fasa sumber dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 456 nm (Sari, 2019).

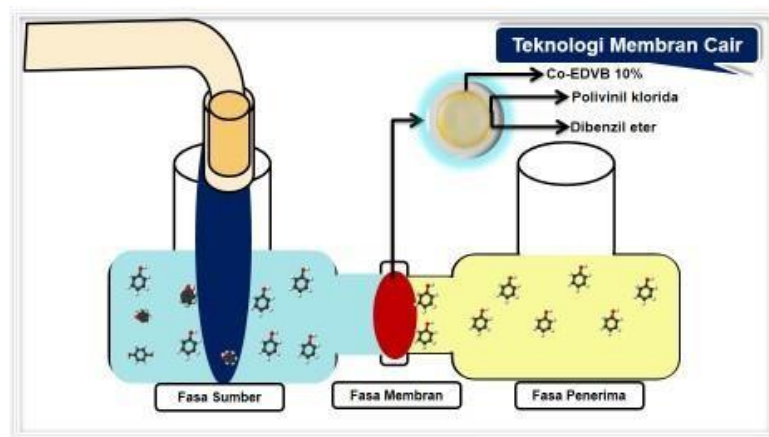
- Selanjutnya membran PIM digunakan kembali untuk transpor fenol dengan lima kali pengulangan menggunakan larutan fenol yang baru.
- Selanjutnya membran PIM dicuci dengan akuades selama 30 menit setelah itu membran PIM digunakan kembali untuk transpor fenol dengan lima kali pengulangan menggunakan larutan fenol yang baru.

3.3.7. Lifetime

Uji umur membran (*lifetime*) bertujuan untuk mengetahui umur membran serta kestabilan membran PIM dengan atau tanpa penambahan garam. Membran PIM dengan komposisi optimum *plasticizer* ditempatkan pada tengah pipa transpor fenol, kemudian pada kolom fasa sumber diisi 50 mL fenol 60 ppm pH 5,5 dengan dua variasi yaitu,

- a. Tanpa garam
- b. Menggunakan garam NaNO₃ 0,1 M
- c. Menggunakan garam NaCl 0,1 M
- d. Menggunakan garam NaSO₄ 0,1 M
- e. Menggunakan garam KNO₃ 0,1 M

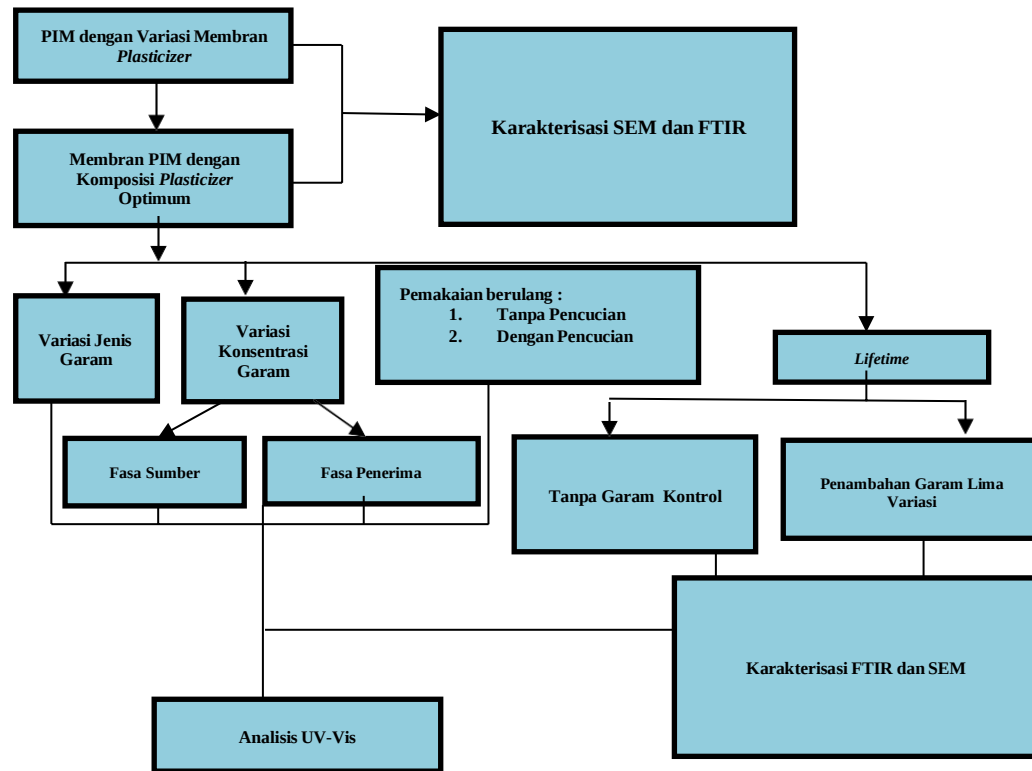
Pada kolom fasa penerima diisi 50 mL NaOH 0,1 M. Pipa transpor ditutup dan diaduk dengan pengaduk magnet pada fasa sumber dan fasa penerima. *Lifetime* ditentukan dengan cara mengukur nilai pH pada fasa sumber. Naiknya nilai pH pada fasa sumber mengindikasikan bahwa membran PIM sudah mengalami kebocoran. pH pada fasa sumber dicek secara berkala hingga pH pada fasa sumber $\pm 9,0$. Adapun Ilustrasi proses transpor fenol dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi proses transpor fenol

3.3.8. Diagram alir penelitian

Secara keseluruhan penelitian ini terangkum dalam diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Stabilitas membran PIM dicapai pada penambahan konsentrasi *plasticizer* sebesar 3,32% dengan penambahan jenis garam NaNO_3 0,01M di fasa sumber dan fasa penerima.
2. Kemampuan optimum membran PIM dicapai pada pemakaian pertama tanpa pencucian dan umur membran diperoleh selama 58 hari dengan adanya penambahan garam NaNO_3 pada fasa sumber.
3. Karakterisasi FTIR menunjukkan adanya perbedaan intensitas pada membran sebelum dan setelah transpor yang mengindikasikan terdapat komponen membran yang *leaching* saat proses transpor, serta karakterisasi SEM menunjukkan pori-pori pada permukaan membran setelah transpor yang mengindikasikan terjadi interaksi antara gugus -OH fenol dengan sisi aktif senyawa *carrier*.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang stabilitas dan kemampuan membran PIM dengan menggunakan senyawa *carrier* yang lain seperti poly-BADGE dan Co-EDAF dengan konsentrasi yang bervariasi, serta mengembangkan metode PIM untuk menangani permasalahan limbah selain fenol.

DAFTAR PUSTAKA

- Alva, V. A., and Peyton, B. M. 2003. Phenol and catechol biodegradation by the haloalkaliphile *Halomonas campisalis*: Influence of pH and salinity. *Environmental Science and Technology*, 37(19), 4397–4402.
- Bartsch, R. A., and Way, J. D. 1996. Chemical Separations with Liquid Membranes: An Overview. *ACS Symposium Series*, 642.
- Desmiartia, R., A. Hazmib, E. Saria, Y. Triandaa, J. dan Z. 2014. *Pengurangan Kandungan Fenol Dalam Air Dengan Sistem Thermal Plasma*. Padang: Prosiding SNSTL I.
- Dzygiel, P., and Wieczorek, P. P. 2010. Supported liquid membranes and their modifications: Definition, classification, theory, stability, application and perspectives. In *Liquid Membranes*.pp. 73-140.
- Figueiredo, J. L., and Pereira, M. F. R. 2010. The role of surface chemistry in catalysis with carbons. *Catalysis Today*, 150(1–2), 2–7.
- Handayani, D. S., Kusumaningsih, T., dan Yuli, M. 2004. Synthesis of co-poly(eugenol sulfonate)-DVB from eugenol as a major component of *Syzygium aromaticum* oils. *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry*, 2(2), 53–57.
- Harimu, L., Matsjeh, S., Siswanta, D., dan Santosa, S. . 2010. Sintesis Polieugenil Oksiasetat Sebagai Pengemban untuk Pemisahan Ion Logam Berat Fe(III), Cr(III), Cu(II), Ni(II), Co(II) dan Pb(II) Menggunakan Metode Ekstraksi Pelarut. *Indo. J. Chem*, pp. 69–74.
- Hudori, H. dan Yulianto, A. 2011. Penurunan Fenol Melalui Proses. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 3(1), 66–72.
- Kalaiarasan, E., and Palvannan, T. 2014. Removal of phenols from acidic environment by horseradish peroxidase (HRP): Aqueous thermostabilization of HRP by polysaccharide additives. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(2), 625–634.
- Kislik, V. . 2010. *Liquid Membranes: Principles and Applications in Chemical Separations and Wastewater Treatment*. Iggris: Elvisier.

- Kiswandono, A. A., Siswanta, D., Aprilita, N. H., dan Santosa, S. J. 2012. Transport of phenol through inclusion polymer membrane (PIM) using copoly(eugenol-DVB) as membrane carriers. *Indonesian Journal of Chemistry*, 12(2), 105–112.
- Kiswandono, A. A., Siswanta, D., Aprilita, N. H., Santosa, S. J., dan Hayashita, T. 2013. Extending the life time of polymer inclusion membrane containing copoly(eugenol-DVB) as carrier for phenol transport. *Indonesian Journal of Chemistry*, 13(3), 254–261.
- Kiswandono, A. A. 2014. *Study on the Transport of Phenol Through Crosslinked Polyeugenol Based Polymer Inclusion Membrane (PIM)*. 1–305.
- Kiswandono, A. A., Girsang, E., Pulungan, Ahmad Nasir Sihombing, J. L., Siswanta, D., Aprilita, N. H., Santosa, S. J., dan Hayashita, T. 2015. Kajian Spektra FTIR pada Membran Kopoli (Eugenol-Divinilbenzena), Co-Edvb Sebagai Senyawa Pembawa untuk Transpor Fenol. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS)*, (November), 543–554.
- Kiswandono, A.A., Mudasar, D.S., Aprilita, N.H., Santosa, S.J., and Hadi, S. 2019. Synthesis and Characterization of co-edaf and its application test as a cacrrier membrane for phenol transport using Polymer Inclusion Membrane (PIM). *Research Journal of Chemestry and Environment*, 23(5): 19.
- Kozłowski, C. A. 2006. Facilitated transport of metal ions through composite and polymer inclusion membranes. *Desalination*, 198(1–3), 132–140.
- Michałowicz, J. and Duda, W. 2007. Phenols - Sources and toxicity. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(3), 347–362.
- Misran, E. 2002. Aplikasi Teknologi Berbasiskan Membran dalam Bidang Bioteknologi Kelautan: Pengendalian Pencemaran. *Aplikasi Teknologi Berbasiskan Membrandalam Bidang Bioteknologi Kelautan: Pengendalian Pencemara*, 7(aplikasi teknologi), 1–7.
- Molva, M. 2004. *Removal of Phenol from Industrial Wastewaters Using Lignitic Coals, Thesis*,. Turkey: Izmir Institute of Technology Izmir.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrans Technology, 2nd edition*. The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Nghiem, L.D., Mornane, P., Potter, I.D., Perera, J.M., Cattrall, R.W., and Kolev, S.D., 2006, Extraction and Transpor of Metal Ions and Small Organic Compounds Using Polymer Inclusion Membranes (PIMs): Review, *J. Membr. Sci.*, 281, 7 – 41.

- Park, Y., Skelland, A. H. P., Forney, L. J., and Kim, J. H. 2006. Removal of phenol and substituted phenols by newly developed emulsion liquid membrane process. *Water Research*, 40(9), 1763–1772.
- Pont, N., Salvadó, V., and Fontàs, C. 2008. Selective transport and removal of Cd from chloride solutions by polymer inclusion membranes. *Journal of Membrane Science*, 318(1–2), 340–345.
- Sari, D. T. E. N. 2019. *Studi Transpor Fenol menggunakan Metode Polymer Inclusion Membrane (PIM) dengan Kopoli(Eugenol Divinil Benzene) sebagai Senyawa Carrier*. Bandar Lampung.
- Sastrohamidjojo, H. 2014. *Kimia Minyak Atsiri*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Skoog, D. A., West, F. J. Holler, and S. R. C. 2004. *Fundamental of Analytical Chemistry*. USA: Brooks Cool.
- Thermo, N. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. USA: Thermo Nicolet Corporation.
- Walkowiak, W., Ulewicz, M., and Kozłowski, C. A. 2002. Application of Macrocyclic Compounds For Metal Ions Separation and Removal – A Review. *Ars Separatoria Acta*, 1, 87–98.
- Zhang, B., G. Gozzelino, and Baldi. 2001. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 193: 61 – 70.
- Zheng, H.D., Biyu, W., Yanxiang, W., and Qilong, R. 2009. Instability Mechanisms of Supported Liquid Membranes for Copper (II) Ion Extraction. *Colloids and Surfaces A: Physicochem, Eng. Aspects*, 351:38–45.