



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**KINETIKA TRANSPOR FENOL DENGAN ZAT PEMBAWA  
N,N-DIMETILASETAMIDA DAN TWEEN-80 SEBAGAI ZAT AKTIF  
PERMUKAAN MELALUI TEKNIK MEMBRAN CAIR FASA RUAH**

**SKRIPSI**



**ATIKAH RAHMAH  
06 132 008**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG 2011**

**KINETIKA TRANSPOR FENOL DENGAN ZAT PEMBAWA  
N,N-DIMETILASETAMIDA DAN TWEEN-80 SEBAGAI ZAT AKTIF  
PERMUKAAN MELALUI TEKNIK MEMBRAN CAIR FASA RUAH**

**Oleh :**

**Atikah Rahmah**

Skripsi Diajukan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Andalas



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2011**

## ABSTRAK

### **Kinetika Transpor Fenol dengan Zat Pembawa N,N-Dimetilasetamida dan Tween-80 sebagai Zat Aktif Permukaan Melalui Teknik Membran Cair Fasa Ruah**

Oleh :  
UNIVERSITAS ANDALAS

ATIKAH RAHMAH (06132008)

Sarjana Sains(SSi) dalam Bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas  
Dibimbing oleh : Dra. Hj. Zaharasma Kahar, MSi dan Olly Norita Tetra, MSi

Kinetika transpor fenol dari fasa sumber menuju fasa penerima melalui membran cair fasa ruah yang mengandung N,N-Dimetilasetamida sebagai zat pembawa dan Tween-80 sebagai zat aktif permukaan telah dilakukan. Kondisi optimum transpor ini yaitu fasa sumber mengandung 6 mL fenol  $2,13 \times 10^{-4}$  M pH 4 yang didalamnya terdapat Tween-80  $2,77 \times 10^{-4}$  M, fasa membran merupakan 20 mL kloroform yang mengandung N,N-Dimetilasetamida 0,05 M dan fasa penerima 12 mL NaOH 0,2 M. Konsentrasi fenol dilakukan dari perubahan perbandingan konsentrasi fenol sisa di fasa sumber  $R_s$ , dan yang tertranspor ke fasa penerima  $R_p$ , kemudian dimonitor dengan Spektrofotometer UV/VIS pada panjang gelombang 510 nm. Percobaan kinetika menunjukkan sistem transpor fenol memenuhi reaksi konsekutif irreversibel orde satu. Konstanta kecepatan transpor fenol masuk membran ( $k_1$ ) adalah  $0,05416 \text{ menit}^{-1}$  dan konstanta kecepatan transpor fenol keluar membran ( $k_2$ ) adalah  $0,05411 \text{ menit}^{-1}$ . Energi aktivasi sistem transpor dengan adanya Tween-80 adalah  $15,304 \text{ kJ mol}^{-1}$  atau  $3,658 \text{ kkal mol}^{-1}$  artinya proses transpor fenol melalui teknik membran cair fasa ruah ini dikontrol melalui proses difusi.

**Kata Kunci:** Fenol, N,N-Dimetilasetamida, Membran cair fasa ruah, Tween-80

## ABSTRACT

### **Kinetics Transport of Phenol with N,N-dimethylacetamide as a Carrier and Tween-80 as a Surfactant Through Bulk Liquid Membrane**

**By :**

**ATIKAH RAHMAH (06132008)**

**Bachelor of Science (S.Si) in Chemistry Faculty of Mathematic and Natural Science, University of Andalas**

**Advised by : Dra. Zaharasma Kahar, M.Si and Olly Norita Tetra, M.Si**

Kinetics transport of phenol from the source phase to the receiving phase through a bulk liquid membrane containing N,N-dimethylacetamide as a carrier and Tween-80 as a surfactant has been done. The optimum condition of transport is the source phase containing 6 mL of phenol  $2.13 \times 10^{-4}$  M pH 4 in which there is Tween-80  $2.77 \times 10^{-4}$  M, organic phase is 20 mL chloroform containing N,N-dimethylacetamide and 0.05 M receiving phase 12 mL of NaOH 0.2 M. The concentration of phenol made from changes in the ratio of concentration of phenol remaining in phase source  $R_s$ , and the receiving phase transported to USD, then monitored with a spectrophotometer UV/VIS at wavelength 510 nm. Kinetics experiments showed phenol transport system meets consecutive irreversible first order reaction. The constant speed of transport of phenol into the membrane ( $k_1$ ) was  $0.05416 \text{ min}^{-1}$  and the constant speed of transport of phenol out of the membrane ( $k_2$ ) was  $0.05411 \text{ min}^{-1}$ . The activation energy transport system in the presence of Tween-80 is  $15.304 \text{ kJ mol}^{-1}$  or  $3.658 \text{ kcal mol}^{-1}$  means the process of transport of phenol through bulk liquid membrane technique is controlled by diffusion process.

**Keywords : Phenol, N,N-dimethylacetamide, Bulk liquid Membrane, Tween-80**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Karakterisasi Fenol .....	4
2.2 N,N Dimetil Asetamida Sebagai Zat Pembawa .....	6
2.3 Tween-80 Sebagai Surfaktan .....	7
2.4 Teknologi Membran Cair Fasa Ruah .....	8
2.5 Mekanisme Transpor Fenol dengan Teknik Membran Cair Fasa Ruah .....	11
2.6 Kecepatan Transpor Fenol Melalui Teknik Membran Cair Fasa Ruah .....	13
2.7 Energi Aktivasi .....	15
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.2.1 Alat yang digunakan .....	16

3.2.2 Bahan yang digunakan .....	16
3.3 Pembuatan Reagen .....	16
3.3.1 Pembuatan Larutan Fasa Sumber .....	16
3.3.2 Pembuatan Larutan Fasa Membran .....	17
3.3.3 Pembuatan Larutan Fasa Penerima.....	17
3.3.4 Pembuatan Larutan Tween-80 .....	17
3.3.5 Pembuatan Reagen untuk Mengukur Konsentrasi Fenol dengan Metoda 4-aminoantipirin.....	17
3.4 Prosedur Kerja .....	18
3.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum .....	18
3.4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	18
3.4.3 Penentuan Konstanta Kecepatan Transpor dari Fasa Sumber ke Fasa Penerima .....	19
3.4.4 Penentuan Energi Aktivasi Transpor Fenol.....	19
<b>IV. HASIL DAN DISKUSI</b>	
4.1 Kurva Serapan Maksimum Fenol.....	20
4.2 Kecepatan Proses Transpor Fenol dalam Teknik Membran Cair Fasa Ruah .....	20
4.3 Pengaruh Temperatur Terhadap Transpor Fenol .....	22
4.4 Energi Aktivasi Transpor Fenol .....	25
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	26
5.2 Saran .....	26
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>27</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>29</b>

## DAFTAR TABEL

### Tabel

1. Konstanta kecepatan transpor fenol pada temperatur  $31^{\circ}\text{C}$ ..... 22
2. Konstanta kecepatan transpor fenol pada kondisi optimum dengan berbagai variasi temperature ..... 24



## DAFTAR GAMBAR

### Gambar

1. Struktur fenol.....	5
2. Reaksi fenol dengan 4-aminoantipirin.....	6
3. Struktur N,N dimetil asetamida.....	6
4. Struktur Tween-80 .....	7
5. Mekanisme dari transpor ion yang dimediator dengan zat pembawa.....	9
6. Model percobaan transpor senyawa fenol melalui teknik membran cair fasa ruah .....	11
7. Grafik penentuan panjang gelombang serapan maksimum untuk pengukuran konsentrasi fenol secara spektrofotometri .....	20
8. Ketergantungan perubahan konsentrasi fenol (R) difasa sumber, fasa membran dan fasa penerima terhadap waktu .....	21
9. Pengaruh temperatur 11, 21, 31, dan 41°C terhadap konsentrasi fenol pada fasa sumber .....	23
10. Pengaruh temperatur 11, 21, 31, dan 41°C terhadap konsentrasi fenol pada fasa penerima .....	24
11. Plot Arrchenius $\ln k$ vs $1/T$ .....	25

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Fenol merupakan salah satu senyawa kimia bahan baku industri yang termasuk golongan beracun dan berbahaya, bersifat karsinogenik dalam tubuh manusia. Jumlah fenol yang tinggi pada perairan dapat menurunkan kadar oksigen terlarut sehingga fenol dapat dianggap sebagai polutan. Untuk itu diperlukan suatu teknik pemisahan agar dapat memisahkan senyawa fenol dalam air<sup>1</sup>.

Proses pemisahan merupakan salah satu cara untuk mengatasi dampak lingkungan yang disebabkan oleh zat kimia. Metoda yang lazim digunakan adalah metoda ekstraksi pelarut. Metoda ini kurang efisien dalam segi bahan dan membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu, dikembangkan suatu teknik yang lebih efektif dan efisien yang dikenal dengan teknik membran cair fasa ruah. Teknik ini merupakan aplikasi dari ekstraksi kembali karena prinsip kerjanya sama, bedanya proses ekstraksi pelarut dan proses pelepasan kembali ("stripping") digabung dan diatur sedemikian rupa sehingga pemindahan ion logam berjalan secara kontinu dan satu tahap. Teknik ini pelaksanaannya sangat praktis, ekonomis dan selektif yang tinggi, disamping itu pemakaian bahan kimia relatif lebih sedikit<sup>1,2</sup>. Fasa cair yang biasanya sebagai membran adalah pelarut organik yang dibuat bersifat semipermeabel dengan menambahkan suatu zat pembawa ("carrier") tertentu ketika ditempatkan sebagai membran untuk pemisahan suatu spesies kimia tertentu pada konsentrasi rendah melalui proses difusi murni. Selanjutnya proses transpor dimungkinkan dengan adanya suatu zat penggerak atau zat pembawa yang terkandung dalam membran (fasilitas transpor). Pemisahan yang besar dari membran cair dalam mentranspor suatu ion dari fasa sumber ke fasa penerima berhubungan dengan efisiensi keberadaan molekul zat pembawa dalam membran<sup>2</sup>.

Teknik pemisahan dengan membran cair fasa ruah telah dilakukan oleh Setiawan, Aziz (2010) tanpa zat pembawa dan surfaktan, ditemukan bahwa fenol

dapat ditranspor sebanyak 93,07% dalam waktu 2 jam<sup>3</sup>. Sartika, Noverma (2009) telah melakukan penelitian dengan metoda yang sama, tetapi menggunakan senyawa carrier N,N-Dimetilasetamida dan surfaktan Span-60, dilaporkan bahwa transpor fenol ke fasa penerima sebanyak 98,70% dengan waktu transpor 2,5 jam<sup>4</sup>. Wahyuni, Erni (2010) melanjutkan penelitian dengan menggunakan carrier N,N-Dimetilasetamida dan surfaktan SDS, dan didapatkan transpor fenol dari fasa sumber ke fasa penerima sebanyak 95,15% dengan waktu transpor selama 1 jam, penelitian dilanjutkan dengan menggunakan carrier yang sama dengan surfaktan asam oleat ditemukan bahwa fenol dapat ditranspor sebanyak 92,94% dengan waktu transpor selama 2,5 jam<sup>5</sup>. Lestari, Yulisa (2010) dengan menggunakan N,N-Dimetilasetamida dan surfaktan Tween-80 dapat mentranspor fenol sebesar 96,5% dengan waktu transpor 2 jam<sup>6</sup>. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan uji kinetika untuk transpor fenol, yang mana kondisi optimumnya telah diteliti oleh Lestari, Yulisa (2010) dengan menggunakan N,N-Dimetilasetamida sebagai zat pembawa dalam kloroform sebagai membran dan Tween-80 sebagai zat aktif permukaan yang ditambahkan difasa sumber. Pengkajian penelitian diarahkan terhadap uji model kinetika sistem transpor fenol yang meliputi energi aktivasi, konstanta kecepatan reaksi, orde reaksi dan pengaruh suhu.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Penentuan kondisi optimum transpor fenol ke fasa penerima dengan menggunakan surfaktan Tween-80 telah berhasil dilakukan oleh Lestari, Yulisa (2010) dengan jumlah fenol yang tertranspor ke fasa penerima sebesar 96,5%<sup>6</sup> Pada penelitian ini belum dipelajari bagaimana proses kinetika transpor fenol dengan keberadaan surfaktan Tween-80 dalam fasa sumber dengan teknik membran cair fasa ruah ini apakah satu arah atau tidak. Untuk itu dilakukan uji kinetika sistem transpor fenol ini sehingga dapat diketahui model kinetiknya, berapa kecepatan transpor diantara kedua antarmuka fasa membran dan apakah proses transpor ditentukan oleh proses difusi atau proses kimia.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinetika transpor fenol melalui membran kloroform dengan penambahan surfaktan Tween-80 dalam fasa sumber dengan memakai teknik membran cair fasa ruah. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan jumlah fenol yang tertranspor ke fasa penerima dan yang tersisa dalam fasa sumber terhadap waktu tertentu yang dimonitor dengan spektrofotometer UV/VIS pada  $\lambda_{\text{max}} = 510 \text{ nm}$ . Pada penelitian ini kondisi percobaan yang dipakai merupakan kondisi optimum yang diperoleh dari peneliti sebelumnya, Yulisa Lestari (2010)<sup>6</sup>.

Parameter percobaan dalam penelitian ini berupa :

- a. Hubungan waktu transpor (10, 15, 20,30, 45, 60 menit) terhadap persentase fenol yang tertranspor ke fasa penerima dan tersisa di fasa sumber
- b. Hubungan temperatur transpor (11, 21, 31, 41 °C) terhadap persentase fenol yang tertranspor ke fasa penerima dan tersisa di fasa sumber untuk menentukan energi aktivasi proses transpor dan konstanta kecepatan transpor pada berbagai temperatur.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Setelah didapatkan data dan perhitungan kecepatan transpor, gambaran model tentang proses kinetika dapat ditentukan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat melengkapi informasi dasar tentang kinetika sistem transpor fenol antarfasa dengan memakai N,N-Dimetilasetamida sebagai zat pembawa dan Tween-80 sebagai surfaktan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakterisasi Fenol

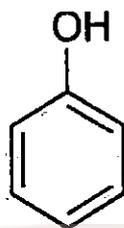
Fenol adalah senyawa kimia berbentuk kristal yang tidak berwarna dan memiliki bau khas. Rumus kimianya adalah  $C_6H_5OH$  dan strukturnya memiliki gugus hidroksil  $-OH$  yang berikatan dengan cincin fenil. Fenol berfungsi dalam pembuatan obat-obatan (bagian dari produksi aspirin, pembasmi rumput liar, dan lainnya). Fenol terkonsentrasi dapat mengakibatkan pembakaran kimiawi pada kulit yang terbuka.

Fenol sedikit larut dalam air karena memiliki gugus hidroksil, bila berikatan dengan air akan membentuk ikatan hidrogen. Fenol bila dilarutkan kedalam Natrium Hidroksida yang encer karena akan membentuk suatu garam. Dalam larutan encer fenol akan terdisosiasi karena fenol merupakan asam lemah.



Fenol bersifat higroskopis dan bersifat racun dan dapat merusak kulit. Apabila terjadi kontak antara kulit dan fenol maka fenol akan cepat diabsorpsi oleh kulit sehingga permukaan kulit akan melepuh. Pada bagian tertentu akan bereaksi dengan tubuh yang dapat menyebabkan kematian. Apabila fenol dibiarkan pada udara terbuka atau terkena cahaya, maka fenol akan berubah warnanya menjadi merah muda. Dalam keadaan murni fenol mempunyai titik leleh  $40,85^{\circ}C$ , titik didih  $182^{\circ}C$ , indeks bias pada  $41^{\circ}C$  adalah 1,5425.

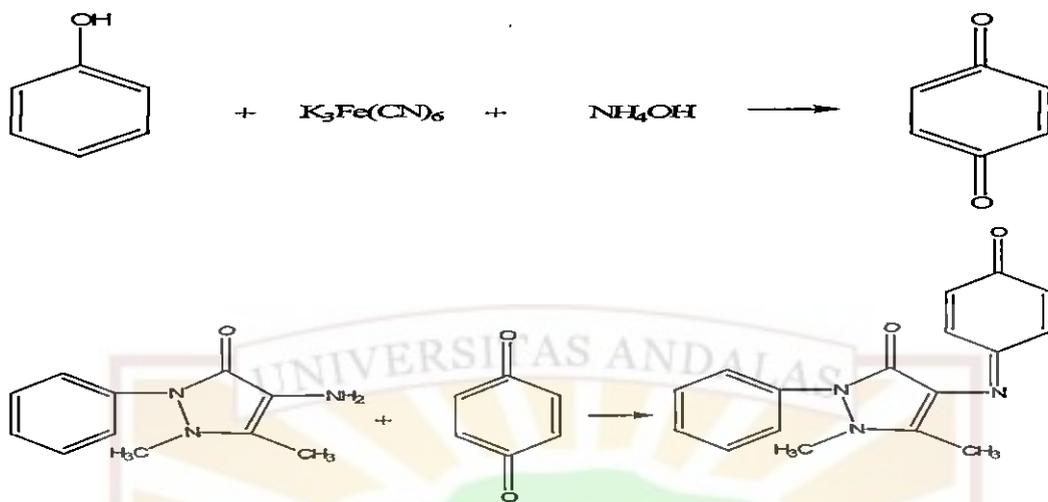
Struktur fenol dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Struktur fenol

Umumnya penentuan senyawa fenol ditunjukkan untuk menentukan kadar fenol total. Senyawa fenol dalam air dianalisis dengan metoda 4-aminoantipirin, agar membentuk larutan berwarna. Reagen ini berupa bubuk kristal berwarna kuning yang mempunyai titik leleh  $105^{\circ}\text{C}$ . Reagen ini larut dalam air memberikan larutan kuning muda dan dengan adanya reagen pengoksidasi alkali akan berkondensasi dengan amina aromatik dan dengan fenol menghasilkan warna merah. Kompleks ini terbentuk pada pH 10, untuk penentuan secara kuantitatif ditentukan dengan cara spektrofotometer<sup>1,11,10</sup>. Metoda 4-aminoantipirin yang digunakan dalam penentuan senyawa fenol dalam penelitian ini memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan metoda-metoda penentuan fenol yang lain yang selama ini sudah digunakan. Kelebihan metoda 4-aminoantipirin terutama dalam kepekaan analisis, penggunaan pereaksi yang mudah diperoleh maupun range konsentrasi yang dapat digunakan untuk menganalisa fenol dalam jumlah renik.

Reaksi yang terjadi antara senyawa fenol dalam pelarut air dengan pereaksi 4-aminoantipirin oleh adanya garam kalium ferisianida terjadi pada pH = 10. Mula-mula pereaksi fenol dalam suasana basa akan dioksidasi oleh garam kalium ferisianida membentuk senyawa kuinon. Selanjutnya senyawa kuinon oleh adanya 4-aminoantipirin mengalami reaksi substitusi elektrofilik menghasilkan senyawa baru berupa antipirin berwarna kuning-kemerahan.



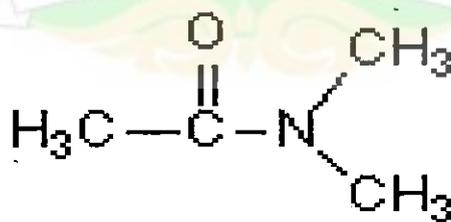
Gambar 2. Reaksi fenol dengan 4-aminoantipirin

## 2.2 N,N-Dimetilasetamida sebagai Zat Pembawa

N,N-dimetilasetamida merupakan suatu cairan berminyak dengan titik lebur -  $20^{\circ}C$ , titik didih  $164-166^{\circ}C$ , density  $0,937 \text{ g/cm}^3$ , rumus molekul  $C_4H_9NO$ , konstanta dielektrik 37,80, titik nyala  $66^{\circ}C$ , berat molekul 87,1212 g/mol.

N,N-dimetilasetamida dilarutkan dalam sebagian besar bahan pelarut organik termasuk alkohol, eter, keton dan dimetilamin. DMAc dihasilkan dari asam asetat dan dimetilamin.

DMAc juga digunakan sebagai sebuah pelarut untuk memproduksi X-ray dan foto penahan yang menguliti bahan campuran. N,N-dimetilasetamida digunakan sebagai bahan pelarut reaktor atau pelapisan untuk kosmetik.

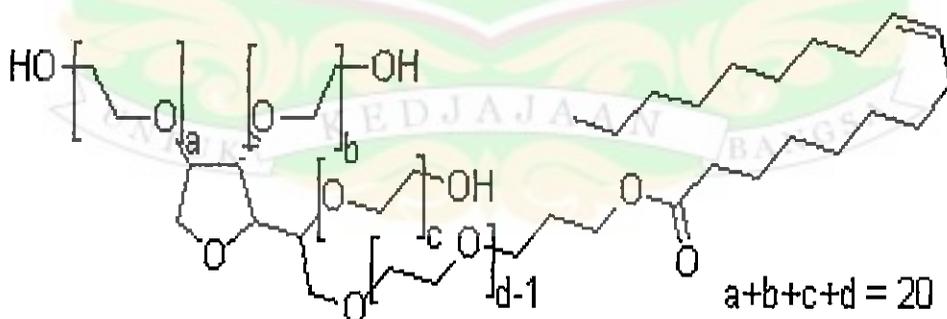


Gambar 3. Struktur N,N-dimetilasetamida

Transpor awal fenol melalui teknik membran cair fasa ruah dimulai ke fasa membran melalui reaksi antara fenol dengan zat pembawa yang terkandung didalam membran/pelarut organik. Fenol hanya dapat larut dalam fasa membran dalam keadaan tidak terdisosiasi. Fenol juga membentuk ikatan hidrogen dengan pembawa dalam bentuk molekul PhOH bukan dalam bentuk PhO<sup>-</sup>. Oleh karena itu sangat penting menjaga supaya fenol dalam fasa sumber berada dalam bentuk molekul PhOH. Hal ini merupakan salah satu cara untuk menarik senyawa fenol melalui sistem pemisahan ke dalam pelarut organik sebelum di transpor ke fasa penerima.

### 2.3 Tween-80 sebagai Surfaktan

Surfaktan adalah suatu zat yang apabila terdapat dalam suatu sistem pada konsentrasi rendah akan berada pada permukaan atau antar muka sistem sehingga menyebabkan perubahan energi bebas permukaan atau antar muka sistem. Tween-80 merupakan surfaktan non-ionik bersifat hidrofobik (Gambar 3). Surfaktan Tween-80 ini dapat mengaktifkan sifat permukaan dengan menurunkan tegangan permukaan atau antarmuka sistem. Sifat aktif permukaan ini sangat menarik untuk dimanfaatkan pada sistem transpor fenol antar fasa. Untuk itu dalam penelitian transpor fenol antarfasa melalui teknik membran cair fasa ruah surfaktan ini di fungsikan untuk memperlancar laju difusi fenol antar fasa<sup>7</sup>.



Gambar 4. Struktur Tween-80

Tween-80 dikenal dengan nama lain polysorbate digunakan pada industri pembuatan larutan protein untuk menstabilkan protein. Tween-80 terdiri dari beberapa jenis (mencakup Tween 20,40 dan 60) dan merupakan zat asam yang mengandung lemak ester sorbitan polyethoxylates<sup>8</sup>. Setiap jenis Tween berbeda jenis asam lemak yang dikandungnya umpamanya Tween-80 mengandung suatu oleate. Biasanya pemakaian Tween-80 ke dalam formulasi obat-obatan dibidang farmasi pada konsentrasi yang tinggi (~0,1 %). Nama sistematis Tween-80 adalah Polyoxyetilene(20) sorbitan monooleate dan juga dikenal dengan nama Polysorbate 80. Rumus molekul Tween-80  $C_{64}H_{124}O_{26}$ , berat molekulnya 1310 g/mol, massa jenis 1,06-1,09 g/ml, sangat larut dalam air, dapat menyebabkan iritasi.

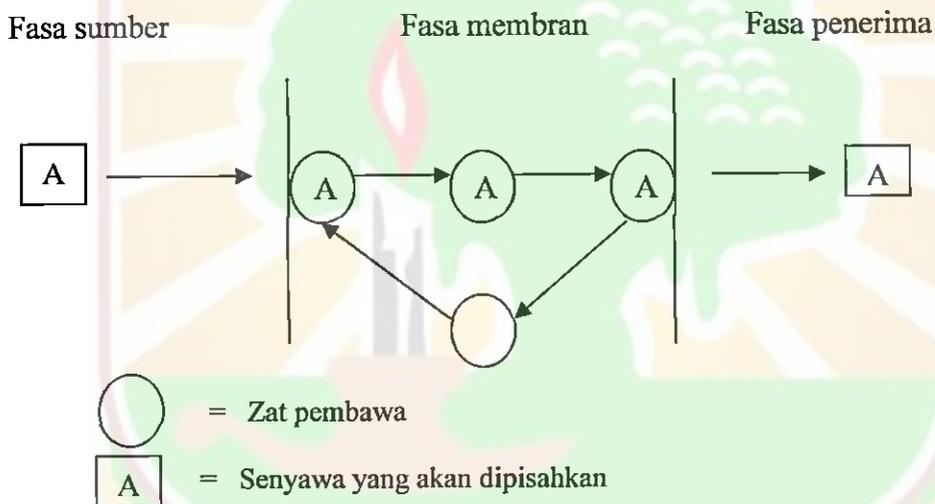
Ada dua sifat aktif permukaan surfaktan yang sangat menguntungkan sehingga ia dimanfaatkan dalam teknik membran cair fasa ruah. Pertama, sifat surfaktan itu sendiri sebagai amfifilik yaitu terdiri dari dua bagian, dimana yang satu larut dalam larutan tertentu (bagian liofilik) dan yang satu lagi tidak larut kedalamnya (liofobik). Bila larutannya air maka bagian yang larut dalam air disebut hidrofilik (larut dalam air), sedangkan yang tidak larut dalam air disebut hidrofobik (tidak larut dalam air). Bagian hidrofilik dianggap sebagai kepala dan bagian hidrofobik sebagai ekor. Sebagai bagian, hidrofilik/kepala kepolarannya dapat menarik fenol yang terdapat pada fasa air ke antar fasa membentuk senyawa netral dan kemudian terjadi "inverse micelle" kedalam membran dan selanjutnya fenol akan berdifusi dalam membran ke antar muka fasa penerima.

Kedua, sifat fisika surfaktan itu sendiri menurunkan tegangan antarmuka sehingga mempermudah atau mempercepat terjadinya proses transpor fenol antarfasa.

#### **2.4 Teknologi Membran Cair Fasa Ruah**

Membran cair fasa ruah merupakan fasa cair yang membatasi dua fasa cair lain yang saling melarutkan, sedangkan membran cair itu sendiri tidak larut dalam kedua fasa yang dibatasinya. Membran cair dapat dibuat dari fasa hidrofobik

yang memisahkan dua fasa cair hidrofilik atau sebaliknya<sup>12</sup>. Karakterisasi dari membran cair adalah dapat bersifat semipermeable sehingga banyak dikembangkan dalam bidang kimia. Spesifikasi dari sifat membran cair semipermeable untuk mentranspor suatu komponen antar fasa dapat diatur berdasarkan sifat fisika atau sifat kimia antara membran dan komponen yang diserap. Keselektifan membran cair untuk teknik pemisahan dapat diatur dari perbedaan koefisien distribusi atau perbedaan kelarutan komponen diantar muka membran<sup>13</sup>. Keselektifan akan lebih tinggi dengan penambahan zat pembawa yang tepat kedalam membran sebagai mediator.



**Gambar 5.** Mekanisme dari transpor ion yang dimediator dengan zat pembawa

Pada teknik membran cair fasa ruah, membran terletak membentang didasar kedua fasa yang akan dipisahkannya karena densitasnya lebih besar sehingga antarmuka dengan fasa yang dibatasi menjadi luas (fasa ruah). Seluruh permukaannya bertindak sebagai tempat terjadinya transpor fasa cair yang mengandung spesi yang ditentukan dinamakan fasa sumber sedangkan fasa cair penerima hasil transpor dinamakan fasa penerima. Ekstraksi senyawa fenol dalam sistem membran cair difasilitasi oleh zat pembawa sebagai media transpor, dimana zat pembawa berada pada fasa membran untuk membawa spesies pendifusi melewati membran ke fasa penerima, prosesnya selalu diikuti dengan

transpor kimia lainnya dari fasa penerima ke fasa sumber<sup>14</sup>. Dalam hal ini proses transpor fenol yang dilepaskan dalam bentuk anion fenoksida ( $C_6H_5O^-$ ) dari fasa membran ke fasa penerima akan diimbangi oleh pergerakan ion  $OH^-$  dari fasa penerima ke fasa sumber sebagai gaya penggerak untuk terjadinya proses transpor fenol melalui sistem ini.

Ekstraksi fenol melalui membran cair didasarkan kepada kondisi asam atau basa lemah tertentu sedikit larut dalam fasa membran. Fenol dapat berdifusi melalui membran dalam bentuk molekuler atau tidak terdisosiasi menuju fasa penerima. Dalam fasa penerima fenol akan bereaksi dengan basa kuat membentuk senyawa yang terdisosiasi yang tidak larut dalam membran. Dalam hal ini fenol bereaksi dengan NaOH membentuk natrium fenolat, karena fenol berada dalam bentuk terdisosiasi ( $PhO^-Na^+$ ) maka fenol tidak dapat balik ke fasa sumber. Untuk mensistemasi fenol yang melewati membran dalam keadaan tidak terdisosiasi didalam fasa sumber, kondisi diatur asam sehingga fenol dalam bentuk molekuler dan pada fasa membran ditambahkan pembawa yang cocok. Pembawa membantu proses transpor fenol melalui membran dengan membentuk ikatan hidrogen, sehingga senyawa yang terbawa oleh pembawa hanya senyawa tertentu. Hal ini dapat meningkatkan selektivitas dan efisiensi pemisahan fenol dari dalam air.

Keuntungan menggunakan senyawa pembawa dalam membran cair adalah fluks yang tinggi, pemisahan lebih selektif, zat pembawa yang digunakan lebih sedikit karena membran hanya membutuhkan jumlah pelarut yang sedikit.

Mekanisme transpor melalui membran cair fasa ruah ini sangat mirip dengan model ekstraksi dan ekstraksi kembali dari metoda ekstraksi pelarut. Hanya saja pada sistem ekstraksi dilakukan secara bertahap-tahap tetapi pada membran cair fasa ruah hanya berlangsung secara kontinu dalam satu tahap dan jumlah pelarut organik yang digunakan sedikit.

Persentase senyawa fenol tersebut dihitung melalui persamaan (1) dan (2):

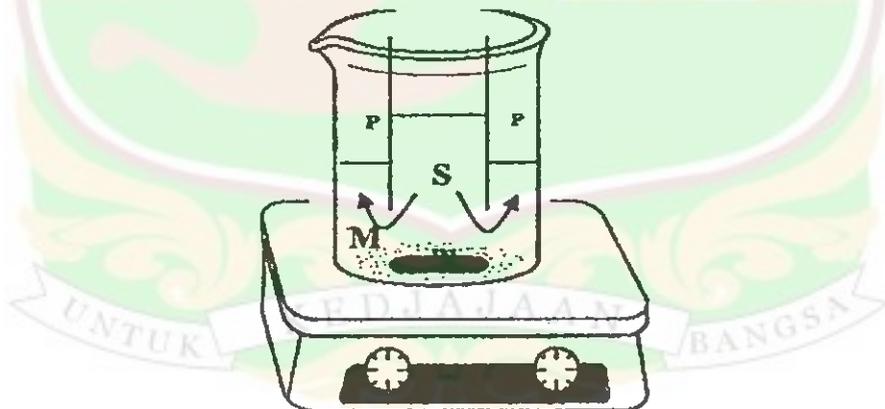
$$\% \text{ transpor senyawa fenol ke fasa penerima} = \frac{\eta_p}{\eta^o_s} \times 100\%$$

$$\% \text{ senyawa fenol sisa di fasa sumber} = \frac{\eta_s}{\eta_s^0} \times 100\%$$

Dimana  $\eta_p$  adalah jumlah mol fenol yang ditranspor ke fasa penerima,  $\eta_s^0$  adalah jumlah mol mula-mula dalam fasa sumber dan  $\eta_s$  adalah jumlah mol fenol yang tinggal dalam fasa sumber setelah pengadukan.

## 2.5 Mekanisme Transpor Fenol dengan Teknik Membran Cair Fasa Ruah

Pada percobaan ini proses transpor dilakukan dalam suatu sel kaca silindris (diameter dalam 3,66 cm) yang diisi dengan pelarut organik sebagai fasa membran. Kemudian sebuah tabung kaca (diameter dalam 2,17 cm) dicelupkan kedalamnya dan diisi dengan larutan fenol yang akan ditransportkan (S). Disekeliling kaca diatas fasa membran diisi dengan fasa penerima (P) yang saling melarutkan dengan fasa sumber didalam tabung kaca. Fasa membran (M) ditempatkan pada dasar sel kaca dan membentang dibawah permukaan kedua fasa yang terpisah (S dan P)<sup>14</sup>.



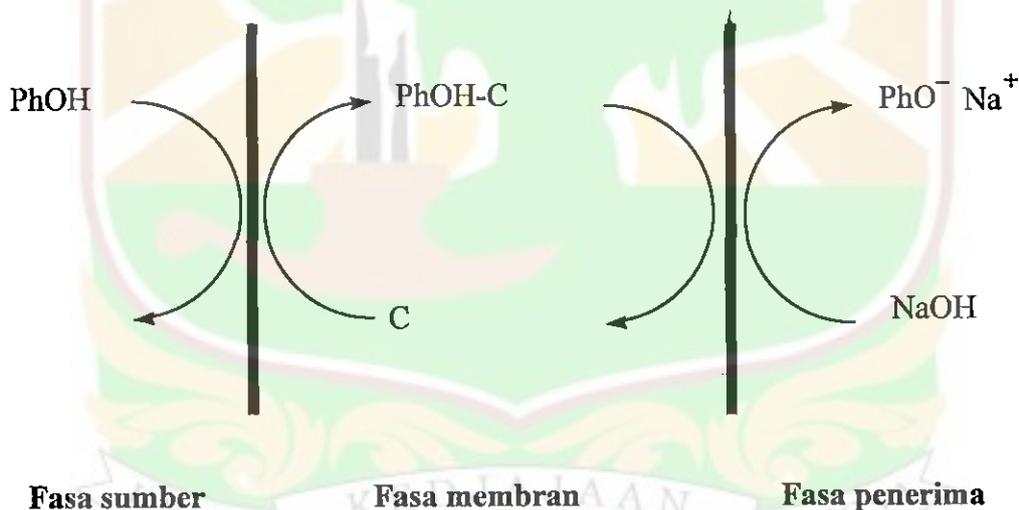
**Gambar 6.** Model percobaan transpor senyawa fenol melalui teknik membran cair fasa ruah.

Keterangan : S = fasa sumber yang berisi fenol  $2,13 \times 10^{-4}$  M dan surfaktan Tween-80  $2,77 \times 10^{-4}$  M  
M = fasa membran dengan zat pembawa N,N-dimetilasetamida 0,05 M  
P = fasa penerima berisi NaOH 0,2 M  
m = magnetik stirer

Sirkulasi dari proses transpor senyawa fenol dalam teknik ini diatur sedemikian rupa sehingga hanya berlangsung dari fasa sumber ke fasa penerima. Transporasi dipercepat dengan bantuan teknis pengaduk magnet selama selang waktu yang divariasikan agar proses transpor optimum. Sebagai fasa membran digunakan kloroform yang berisi zat pembawa N,N-dimetilasetamida.

N,N-dimetilasetamida bertindak sebagai mediator di dalam membran, dimana N,N-dimetilasetamida diperkirakan membentuk ikatan hidrogen dengan fenol didalam fasa membran. Fenol yang terikat pada pembawa dibawa ke antarmuka fasa membran dengan fasa penerima, karena adanya NaOH didalam fasa penerima terbentuk natrium fenolat. Sedangkan N,N-dimetilasetamida kembali bebas dalam bentuk molekuler dalam fasa membran.

Mekanisme pemisahan fenol dengan teknik membran cair fasa ruah dapat digambarkan sebagai berikut :

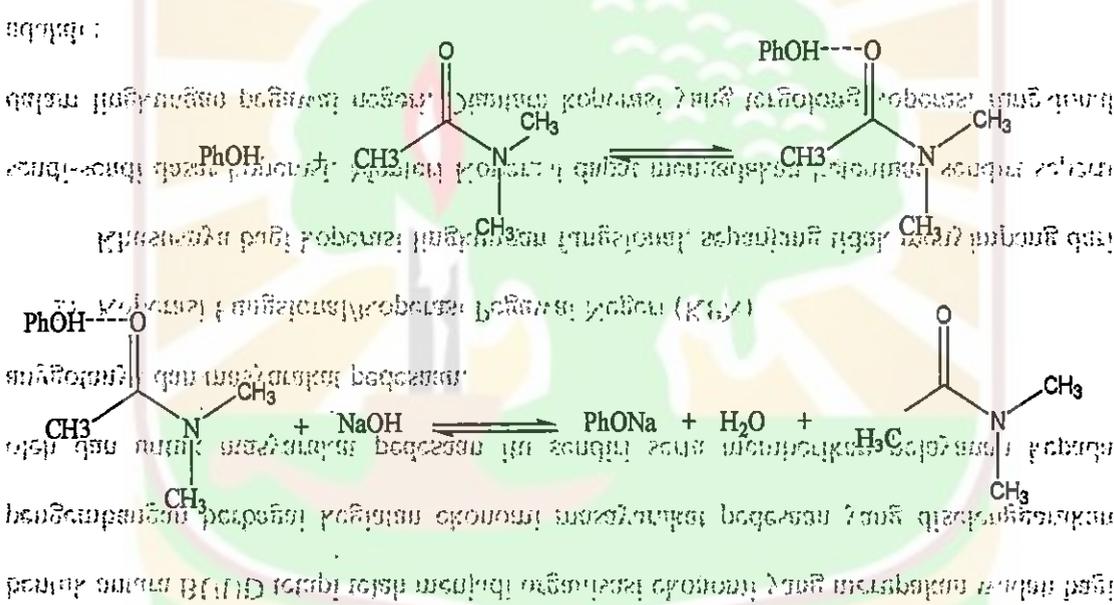


Keterangan : PhOH = Senyawa yang akan dipisahkan (fenol)  
 C = Zat pembawa (N,N-dimetilasetamida)

Pembawa membantu proses transpor fenol melalui membran dengan membentuk ikatan hidrogen, sehingga senyawa yang terbawa oleh pembawa hanya senyawa tertentu. Hal ini dapat meningkatkan selektifitas dan efisiensi pemisahan. Pemilihan pembawa merupakan faktor kunci dalam fasilitas transpor.

Selektifitas tinggi diperoleh jika pembawa sangat spesifik terhadap senyawa yang akan dipisahkan, sehingga pemilihan pembawa sangat penting dan sangat sulit.

Pada penelitian ini digunakan N,N-dimetilasetamida sebagai pembawa. N,N-dimetilasetamida bersifat larut dalam air dan dalam pelarut organik. N,N-dimetilasetamida mempunyai titik didih yang tinggi yaitu 165,5 °C sehingga sangat potensial bila ditambahkan ke dalam fasa membran sebagai pembawa. Mekanisme reaksi fenol dengan zat pembawa N,N-dimetilasetamida dalam membran dan reaksi fenol dengan NaOH membentuk natrium fenolat pada fasa penerima adalah sebagai berikut :



## 2.6 Kecepatan Transpor Fenol Melalui Teknik Membran Cair Fasa Ruah

Dalam percobaan, variasi konsentrasi fenol terhadap waktu diukur secara langsung pada fasa sumber (Cs) dan fasa penerima (Cp). Perubahan konsentrasi yang sesuai dalam membran (Cm) ditentukan dari kesetimbangan materi. Secara praktis untuk perubahan perbandingan konsentrasi setiap waktu dapat digunakan rumus ini :

$$R_s = C_s / C_{s_0} \quad R_m = C_m / C_{s_0} \quad R_p = C_p / C_{s_0}$$

dimana  $C_{s_0}$  adalah konsentrasi fenol awal dalam fasa sumber saat  $t = 0$

## 2. Menurut Tempat dan Kelompok Orang yang Mendirikan

1) Koperasi Unit Desa (KUD)

### 1) Koperasi Unit Desa (KUD)

Koperasi Unit Desa ini berdasarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia No.4 tahun 1973, adalah merupakan bentuk antara Badan Usaha Unit Desa (BUUD) sebagai suatu lembaga ekonomi berbentuk koperasi, yang pada tahap awalnya merupakan gabungan dari koperasi-koperasi pertanian atau koperasi desa dalam Wilayah Unit Desa, yang dalam perkembangannya kemudian dileburkan atau disatukan menjadi satu KUD.

Dengan keluarnya Inpres RI No.2 Tahun 1978, KUD bukan lagi merupakan bentuk antara BUUD tetapi telah menjadi organisasi ekonomi yang merupakan wadah bagi pengembangan berbagai kegiatan ekonomi masyarakat pedesaan yang diselenggarakan oleh dan untuk masyarakat pedesaan itu sendiri serta memberikan pelayanan kepada anggotanya dan masyarakat pedesaan.

### 2) Koperasi Fungsional/Koperasi Pegawai Negeri (KPN)

Khususnya bagi koperasi lingkungan fungsional, sepanjang tidak menyimpang dari sendi-sendi dasar koperasi, Menteri Koperasi dapat mengadakan ketentuan sendiri seperti dalam lingkungan pegawai negeri. Diantara koperasi yang tergolong koperasi fungsional adalah :

a) Koperasi Pegawai Negeri (KPN)

b) Koperasi Angkatan Darat (KOPAD)

c) Koperasi Angkatan Laut (KOPAL)

d) Koperasi Angkatan Udara (KOPAU)

e) Koperasi Angkatan Kepolisian (KOPOL)

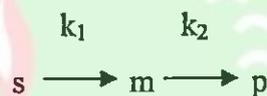
f) Koperasi Pensiunan Angkatan Darat

g) Koperasi Pensiunan, Koperasi Karyawan dan Koperasi Sekolah

Secara teori, gambaran perubahan perbandingan konsentrasi fenol setiap waktu transpor dalam fasa sumber ( $R_s$ ), membran ( $R_m$ ) dan penerima ( $R_p$ ) dapat dinyatakan :

$$R_s + R_m + R_p = 1$$

Pada dasarnya bila proses transpor berjalan optimal kecepatan transpor akan diikuti dengan penurunan  $R_s$  secara mono eksponensial terhadap waktu dan  $R_p$  secara monoton meningkat dengan bentuk kurva sigmoid sedangkan  $R_m$  berada dalam suatu keadaan maksimum pada titik tertentu. Hasil ini cenderung menunjukkan bahwa transpor fenol mengikuti hukum kinetik reaksi konsekutif irreversibel orde 1 berdasarkan skema kinetik<sup>7</sup>.



dimana  $s$ ,  $m$  dan  $p$  adalah fenol dalam fasa sumber, membran dan penerima. Skema kinetik dapat dijelaskan dengan persamaan di bawah ini :

$$\frac{dR_s}{dt} = -k_1 R_s = J_s \quad (3)$$

$$\frac{dR_m}{dt} = -k_1 R_s - k_2 R_m \quad (4)$$

$$\frac{dR_p}{dt} = k_2 R_m = J_s \quad (5)$$

dimana  $J$  adalah kecepatan pengaliran (fluks) dan  $k_1$  dan  $k_2$  adalah konstanta kecepatan orde pertama yang masuk ke dalam membran dan keluar dari membran. Bila  $k_1 \neq k_2$ , hasil integrasi persamaan di atas adalah :

$$R_s = \exp(-k_1 t) \quad (6)$$

$$R_m = \frac{k_1}{k_2 - k_1} [\exp(-k_1 t) - \exp(-k_2 t)] \quad (7)$$

$$R_p = 1 - \frac{1}{k_2 - k_1} [k_2 \exp(-k_1 t) - k_1 \exp(-k_2 t)] \quad (8)$$

Dapat dilihat bahwa  $R_s$  vs  $t$  menghasilkan kurva penurunan eksponensial dimana variasi waktu antara  $R_m$  dan  $R_p$  adalah bi-eksponensial dan bukan merupakan kurva linear.

## 2.7 Energi Aktivasi

Pada tahun 1889 Arrhenius mengemukakan kurva penurunan persamaan empiris dimana  $k$  (konstanta kecepatan transpor) merupakan fungsi temperatur.

$$k = A e^{-E_a/RT} \quad (9)$$

dimana :  $k$  = konstanta kecepatan transpor

$A$  = faktor pre eksponensial, faktor arrhenius

$E_a$  = energi aktivasi

$e$  = 2.71828

$R$  = tetapan gas

$T$  = temperatur (K)

Dengan meningkatnya temperatur maka nilai  $-E_a/RT$  akan meningkat dan  $e^{-E_a/RT}$  juga meningkat, sehingga  $k$  akan meningkat. Persamaan (9) dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$\ln k = -E_a/RT + \ln A \quad (10)$$

merupakan suatu persamaan garis lurus. Faktor Arrhenius  $A$  konstan setiap perubahan temperatur. Disini  $\ln A$  merupakan intersep dari persamaan garis lurus. Kemiringan kurva  $\ln k$  vs  $1/T$  merupakan nilai  $-E_a/R$  sehingga harga energi aktivasinya dapat ditentukan. Energi aktivasi dan faktor  $A$  tetap pada variasi temperatur<sup>14</sup>.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan April – Juli 2010. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektrokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas Padang.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Spektrofotometer UV/VIS spektronik 20 D, Sanwa Digital Tachometer Model ISE-100, sel membran cair fasa ruah, Neraca Analitik Ainsworth, stopwatch, termometer, magnetik stirrer, pH meter 420A, dan alat-alat gelas kimia lainnya.

##### 3.2.2 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : Kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), Fenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ), N,N-Dimetilasetamida ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$ ), Tween-80, 4-aminoantipirin, NaOH, HCl,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , buffer phospat pH 6,8 (campuran  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  dan  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ),  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ , buffer sitrat pH 4 serta akuades.

#### 3.3 Pembuatan Reagen

##### 3.3.1 Pembuatan Larutan Fasa Sumber

Ditimbang sejumlah 0,2501 g fenol ( $M_r = 94 \text{ g/mol}$ ) dan dilarutkan dengan akuades sampai tanda batas dalam labu ukur 500 mL. Larutan yang diperoleh adalah larutan yang mengandung fenol dengan konsentrasi 0,0053 M (500 ppm). Dari larutan tersebut diambil sebanyak 2 mL, kemudian diatur pH dengan menambahkan HCl 0,01 M atau NaOH 0,1 M dan ditambahkan 1 pipet larutan buffer sitrat pH 4 lalu diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 50 mL sampai

tanda batas sehingga diperoleh larutan fenol dengan konsentrasi  $2,13 \times 10^{-4}$  M (20 ppm), dipipet sebanyak 6 mL yang digunakan sebagai fasa sumber.

### **3.3.2 Pembuatan Larutan Fasa Membran**

Dipipet 0,5 ml N,N-Dimetilasetamida murni ( $M_r = 87,12$  g/mol,  $\rho = 0,937$  g/ml) dilarutkan dengan kloroform dalam labu ukur 100 ml sampai tanda batas. Larutan membran yang diperoleh merupakan larutan membran organik yang mengandung N,N-Dimetilasetamida 0,05 M, dipipet sebanyak 20 mL yang digunakan sebagai fasa membran.

### **3.3.3 Pembuatan Larutan Fasa Penerima**

Diambil sebanyak 0,8 g NaOH dan dilarutkan dengan akuades sampai volumenya 100 mL. Larutan fasa penerima yang diperoleh adalah NaOH dengan konsentrasi 0,2 M, dipipet sebanyak 12 mL yang digunakan sebagai fasa penerima.

### **3.3.4 Pembuatan Larutan Tween-80**

Kedalam larutan fasa sumber dalam sel membran cair fasa ruah dimasukkan 2  $\mu$ L Tween-80 ( $\rho = 1,09$  g/mL,  $M_r = 1310$  g/mol) dengan konsentrasi  $2,77 \times 10^{-4}$  M.

### **3.3.5 Pembuatan Reagen untuk Mengukur Konsentrasi Fenol dengan Metoda 4-aminoantipirin**

#### **a. Larutan $\text{NH}_4\text{OH}$ 0,5 M**

Dipipet 38 ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan diencerkan dalam labu 1000 ml sampai tanda batas.

#### **b. Larutan Buffer Phospat pH 6,8**

Ditimbang 10,4501 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  dan 7,2305 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , kemudian dipindahkan ke labu ukur 100 ml dan dilarutkan dengan akuades sampai tanda batas.

### **c. Larutan 4-aminoantipirin 0,1 M**

Ditimbang 2,0301 g 4-aminoantipirin dan larutkan dalam labu ukur 100 ml dengan akuades sampai tanda batas.

### **d. Larutan $K_3Fe(CN)_6$ 0,24 M**

Ditimbang 7,8924 g  $K_3Fe(CN)_6$  kemudian larutkan dalam labu ukur 100 ml dengan akuades sampai tanda batas.

## **3.4 Prosedur Kerja**

### **3.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum**

Panjang gelombang serapan maksimum ditentukan dari larutan standar fenol pada konsentrasi tertentu dan dilakukan pengukuran absorban pada rentang panjang gelombang yang diperkirakan akan menghasilkan serapan maksimum dengan metoda 4-aminoantipirin.

### **3.4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi**

Konsentrasi fenol didalam fasa sumber dan fasa penerima sesudah operasi ditentukan dengan menggunakan metoda 4-aminoantipirin. Sebanyak 5 mL larutan yang mengandung senyawa fenol ditambahkan 2 mL larutan buffer phospat pH 6,8. Untuk mendapatkan larutan pH 10 ditambahkan 10 mL  $NH_4OH$  0,5 M kedalam larutan tersebut. Selanjutnya larutan dengan pH 10 ini (larutan A) direaksikan dengan 0,5 mL  $K_3Fe(CN)_6$  0,24 M dan ditambahkan pula 0,5 mL 4-aminoantipirin 0,1 M kemudian diaduk hingga homogen. Kompleks yang terbentuk berwarna kuning kemerahan (larutan B). Konsentrasi fenol yang ada dalam larutan B ditentukan secara spektrofotometri.

Kurva kalibrasi dibuat dari pengukuran absorban konsentrasi larutan standar fenol pada variasi konsentrasi 0; 5; 6; 7; 8; 10; 14 dan 18 ppm. Dari hasil pengukuran tersebut dibuat persamaan regresi linear larutan fenol. Dengan

mensubstitusikan harga absorban dari sampel yang diukur pada kurva kalibrasi standar maka dapat diketahui konsentrasinya.

### **3.4.3 Penentuan Konstanta Transpor Fenol dengan Teknik Membran Cair Fasa Ruah**

Percobaan dilakukan dengan memakai metoda Safavi (Gambar 6)<sup>7</sup>. Kedalam beker gelas 50 ml (diameter dalam 3,66 cm) dimasukkan 20 ml larutan kloroform yang mengandung N,N-Dimetilasetamida 0,05 M sebagai fasa membran. Kemudian kedalam larutan tersebut dicelupkan sebuah tabung kaca kecil (diameter 2,17 cm) dan dipipet 6 ml fasa sumber berupa larutan fenol  $2,13 \times 10^{-4}$  M pH 4 dan Tween-80  $2,77 \times 10^{-4}$  M. Di luar tabung gelas ditambahkan 12 ml fasa penerima NaOH 0,2 M. Teknis operasi dilakukan melalui pengadukan dengan memakai magnetik stirrer dimana batang magnetiknya dilapisi Teflon (20 x 7 mm) pada kecepatan 340 rpm selama 10, 15, 20, 30, 45 dan 60 menit. Setelah pendiaman selama 15 menit fasa sumber dan fasa penerima diambil setiap perlakuan variasi waktu dan diukur jumlah konsentrasi fenol yang terkandung didalamnya dengan menggunakan Spektrofotometer UV/VIS.

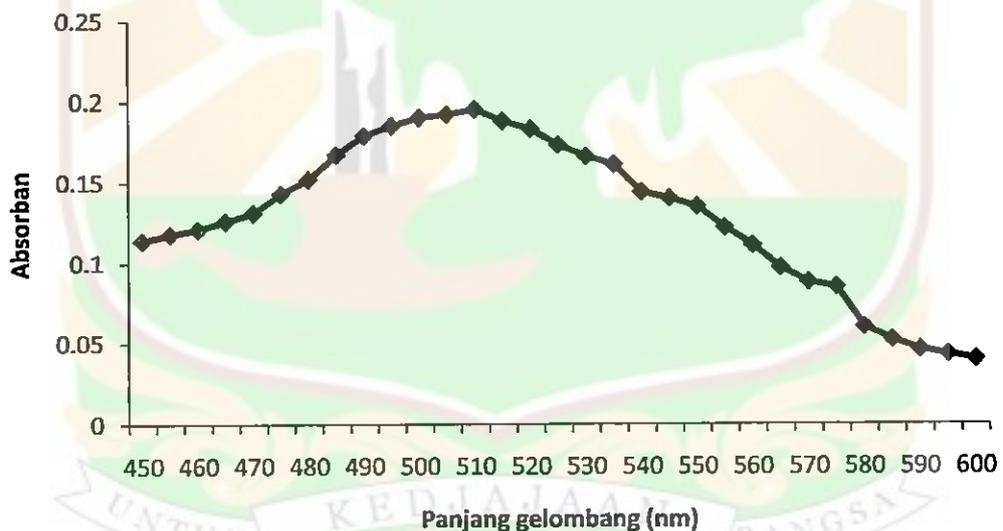
### **3.4.4 Penentuan Energi Aktivasi Transpor Fenol**

Energi aktivasi transpor fenol dilakukan pada variasi temperatur 11, 21, 31 dan 41°C. Pengaturan temperatur dilakukan dengan bantuan termostat yang temperturnya dapat dipertahankan dengan mengatur sirkulasi air masuk dan air keluar yang mengalir pada alat tersebut (Gambar alat pada lampiran 11). Fasa sumber, fasa membran dan fasa penerima disetimbangkan temperturnya dalam termostat selama  $\pm 10$  menit, kemudian dilakukan prosedur percobaan sama dengan prosedur 3.4.3. Harga energi aktivasi ditentukan dengan menggunakan persamaan (8).

## IV. HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum untuk Pengukuran Konsentrasi Fenol Secara Spektrofotometri

Pengukuran konsentrasi fenol dalam larutan dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer Spektronik 20 D. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa panjang gelombang maksimum untuk penentuan fenol dengan metoda 4-aminoantipirin adalah 510 nm (Lampiran 3). Konsentrasi fenol dari proses transpor melalui teknik membran cair fasa ruah dihitung dengan menggunakan persamaan regresi fenol yang dibuat dengan menghubungkan antara konsentrasi standar fenol dengan absorbannya (Lampiran 4).

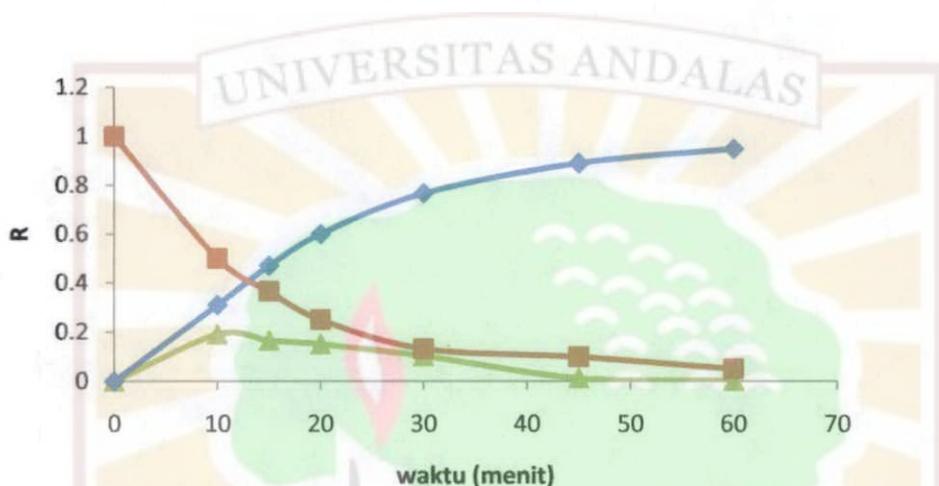


**Gambar 7.** Grafik penentuan panjang gelombang serapan maksimum untuk pengukuran konsentrasi antipirin secara spektrofotometri

### 4.2 Kecepatan Proses Transpor Fenol dalam Teknik Membran Cair Fasa Ruah

Kinetika proses transpor fenol diprediksi dari data percobaan ketergantungan waktu transpor terhadap fenol dalam fasa sumber, fasa membran dan fasa penerima. Percobaan dilakukan pada kondisi optimum hasil penelitian yang

diperoleh oleh peneliti sebelumnya Lestari, Yulisa (2009), jumlah fenol yang tertransport ke fasa penerima sebesar 96,5%.<sup>6</sup> Pengamatan terhadap pengaruh variasi waktu terhadap perubahan perbandingan konsentrasi fenol dalam fasa sumber, fasa membran dan fasa penerima diperlihatkan pada Gambar 7 (data pada Lampiran 1) di bawah ini :



**Gambar 8.** Ketergantungan perubahan konsentrasi fenol (R) difasa sumber (—■—), fasa membran (—▲—) dan fasa penerima (—◆—) terhadap waktu transpor  
**Kondisi Percobaan :** fasa sumber 6 ml fenol  $2,13 \times 10^{-4}$  M pH 4 yang mengandung  $2,77 \times 10^{-4}$  M Tween-80, fasa membran merupakan 20 ml kloroform yang mengandung N,N Dimetilasetamida 0,0540 M dan fasa penerima 12 ml NaOH 0,2 M, waktu kesetimbangan 15 menit, temperatur 31°C.

Penelitian ini dilakukan sampai batas waktu 60 menit, supaya lebih jelas melihat model kinetika dari sistem transpor ini. Gambar 7 menunjukkan perubahan perbandingan konsentrasi fenol dalam fasa sumber (R<sub>s</sub>) menurun secara monoeksponensial dari 1 sampai 0,131 terhadap waktu transpor kurang dari 45 menit dan kemudian mencapai kesetimbangan dengan perubahan konsentrasi yang bertambah lambat dengan bertambahnya waktu. Sebaliknya perubahan fenol dalam fasa penerima (R<sub>p</sub>) meningkat secara sigmoid dari 0 menjadi 0,947 sampai waktu transpor 60 menit. Secara perhitungan R<sub>m</sub> mempunyai puncak maksimum pada menit ke 10, yang menunjukkan jumlah maksimum fenol yang terperangkap dalam membran dan merupakan daerah batas peningkatan transpor fenol ke fasa penerima dan daerah batas mulai turunnya transpor fenol di fasa sumber . Puncak maksimum ini juga menunjukkan keadaan

transpor fenol di fasa sumber . Puncak maksimum ini juga menunjukkan keadaan maksimum fenol membentuk ikatan hidrogen dengan N,N-Dimetilasetamida dalam membran. Untuk sistem transpor ini diperoleh bahwa  $R_s$  dan  $R_m$  menuju nol dan  $R_p$  menuju satu yang merupakan identifikasi untuk model kinetika proses transpor fenol ini memenuhi reaksi konsekutif irreversibel orde pertama. Nilai  $k_1$  dan  $k_2$  diperoleh dari persamaan (6), (7) dan (8) yang ditunjukkan pada Tabel 1 (contoh perhitungan penentuan konstanta kecepatan transpor  $k_1$  dan  $k_2$  dapat dilihat pada lampiran 7, 8 dan 9)

**Tabel 1. Konstanta kecepatan transpor fenol pada temperatur 31°C**

$k_1$ (menit <sup>-1</sup> )			$k_2$ (menit <sup>-1</sup> )
Integrasi	Grafik	LMSM*	0,05411
0,05416	0,05274	0,05274	

\*Least Means Squares Methode<sup>8</sup>

Keterangan : Integrasi  $k_1$  dihitung berdasarkan persamaan (6),  $k_2$  dihitung berdasarkan persamaan (7) dan (8) pada lampiran 7, 8 dan 9.

Dari hasil yang terdapat pada Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa konstanta kecepatan transpor masuk ke dalam membran ( $k_1$ ) rata-rata perwaktu adalah konstan dan memenuhi reaksi orde 1 karena penghitungan secara grafik/LMSM ( $k_1 = 0,05274$  menit<sup>-1</sup>) dan dengan secara integrasi ( $k_1 = 0,05416$  menit<sup>-1</sup>) dapat dinyatakan sama. Nilai  $k_1$  yang diperoleh ternyata lebih besar daripada konstanta kecepatan transpor keluar dari membran ( $k_2$ ). Data ini merupakan gambaran yang mempertegas bahwa proses transpor masuk membran lebih cepat daripada keluar membran.

### 4.3 Pengaruh Temperatur Terhadap Transpor Fenol

Pengaruh temperatur terhadap transpor fenol melalui teknik membran cair fasa ruah pada kondisi optimumnya dilakukan pada temperatur yaitu 11, 21, 31 dan 41°C dengan variasi waktu transpor 10, 15, 20, 30, 45 dan 60 menit yang dapat dilihat pada Gambar 9 (data pada Lampiran 5) dibawah ini :

transporter tenol di fase sumber. Prinsip dasarnya ini juga menunjukkan keadaan maksimum tenol memperoleh ikatan hidrogen dengan N,N-Dimetilasetarida dalam membran. Untuk sistem transporter ini diperoleh bahwa  $k_1$  dan  $k_2$  menuju nol dan Rp menuju satu yang merupakan identifikasi untuk model kinetika proses transporter tenol ini memenuhi reaksi kesetimbangan reversibel orde pertama. Nilai  $k_1$  dan  $k_2$  diperoleh dari persamaan (6), (7) dan (8) yang ditunjukkan pada Tabel 1 (contoh perhitungan konstanta kecepatan transporter  $k_1$  dan  $k_2$  dapat dilihat pada lampiran 7, 8 dan 9)

Tabel 1. Konstanta kecepatan transporter tenol pada temperatur 31°C

$k_2$ (menit <sup>-1</sup> )	$k_1$ (menit <sup>-1</sup> )		
	LM2M*	Gratik	Integrasi
0,02411	0,02274	0,02274	0,02416

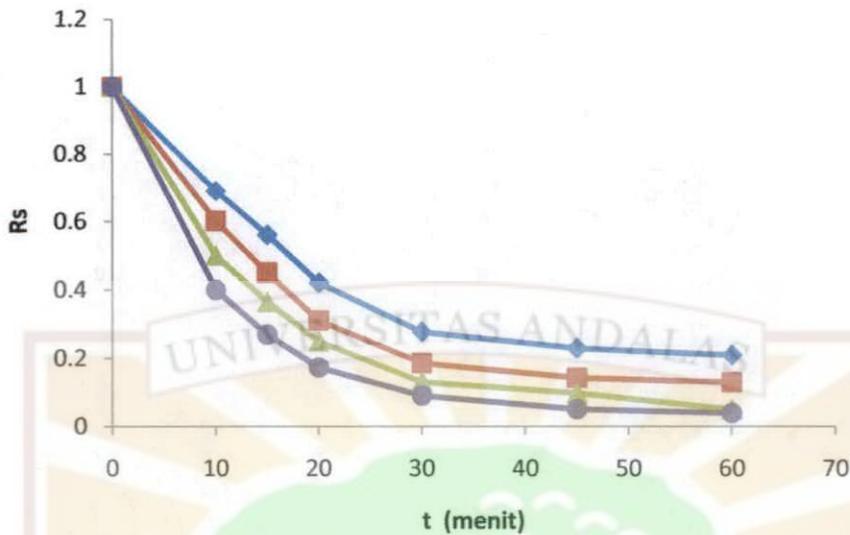
\*Least Mean Square Method

Keterangan : Integrasi  $k_1$  dihitung berdasarkan persamaan (6),  $k_2$  dihitung berdasarkan persamaan (7) dan (8) pada lampiran 7, 8 dan 9.

Dari hasil yang terdapat pada Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa konstanta kecepatan transporter masuk ke dalam membran ( $k_1$ ) rata-rata berbeda adalah konstan dan memenuhi reaksi orde 1 karena penghitungannya secara grafik LM2M ( $k_1 = 0,02274$  menit<sup>-1</sup>) dan dengan secara integrasi ( $k_1 = 0,02416$  menit<sup>-1</sup>) dapat dinyatakan sama. Nilai  $k_1$  yang diperoleh ternyata lebih besar daripada konstanta kecepatan transporter keluar dari membran ( $k_2$ ). Data ini merupakan gambaran yang menunjukkan bahwa proses transporter masuk membran lebih cepat daripada keluar membran.

#### 4.3 Pengaruh Temperatur Terhadap Transporter Tenol

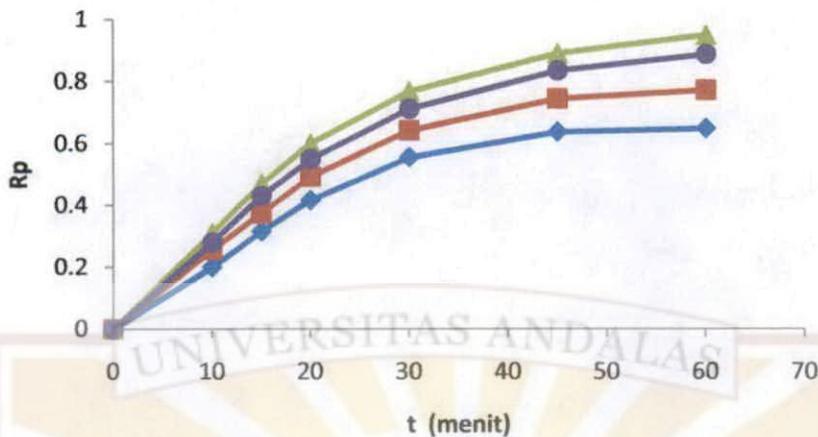
Pengaruh temperatur terhadap transporter tenol melalui teknik membran cair fase tuah pada kondisi optimanya dilakukan pada temperatur yaitu 11, 21, 31 dan 41°C dengan variasi waktu transporter 10, 15, 20, 30, 45 dan 60 menit yang dapat dilihat pada Gambar 9 (data pada lampiran 2) dibawah ini :



**Gambar 9.** Pengaruh temperatur 11°C (—◆—), 21°C (—■—), 31°C (—▲—), dan 41°C (—●—) terhadap konsentrasi fenol pada fasa sumber.

**Kondisi Percobaan :** fasa sumber 6 ml fenol  $2,13 \times 10^{-4}$  M pH 4 yang mengandung  $2,77 \times 10^{-4}$  M Tween-80, fasa membran merupakan 20 ml kloroform yang mengandung N,N Dimetilasetamida 0,0540 M dan fasa penerima 12 ml NaOH 0,2 M, waktu kesetimbangan 15 menit.

Pada dasarnya jumlah fenol yang tersisa di fasa sumber berkurang dengan bertambahnya waktu transpor yang digambarkan dengan menurunnya nilai Rs di fasa sumber (Gambar 8). Namun penurunan temperatur menyebabkan nilai Rs di fasa sumber meningkat yang menunjukkan jumlah fenol sisa di fasa sumber juga makin meningkat. Hal ini disebabkan akibat temperatur yang rendah akan terjadi penurunan energi kinetik pada partikel yang memperlambat proses difusi sehingga meningkatkan fenol sisa di fasa sumber dan menurunkan fenol ke fasa penerima dan pada temperatur 31°C dapat meningkatkan transpor fenol ke fasa penerima secara optimum, temperatur 31°C merupakan temperatur efektif dalam proses pemisahan di fasa sumber.



**Gambar 10.** Pengaruh temperatur 11°C (—◆—), 21°C (—■—), 31°C (—▲—), dan 41°C (—●—) terhadap konsentrasi fenol pada fasa penerima.

**Kondisi Percobaan :** fasa sumber 6 ml fenol  $2,13 \times 10^{-4}$  M pH 4 yang mengandung  $2,77 \times 10^{-4}$  M Tween-80, fasa membran merupakan 20 ml kloroform yang mengandung N,N Dimetilasetamida 0,0540 M dan fasa penerima 12 ml NaOH 0,2 M, waktu kesetimbangan 15 menit.

Pada Gambar 9 terlihat, dengan makin rendahnya temperatur menyebabkan terjadi penurunan nilai Rp pada fasa penerima. Turunnya temperatur akan menyebabkan terjadi penurunan konsentrasi fenol di dalam fasa penerima, hal ini juga dihubungkan dengan nilai Rs pada fasa sumber yang semakin kecil dengan menurunnya temperatur. Keadaan ini juga dapat dilihat dari nilai konstanta kecepatan transpor fenol pada Tabel 2 yang dihitung dari perolehan data-data percobaan (contoh perhitungan penentuan konstanta kecepatan transpor  $k_1$  dan  $k_2$  dapat dilihat pada lampiran 7, 8 dan 9).

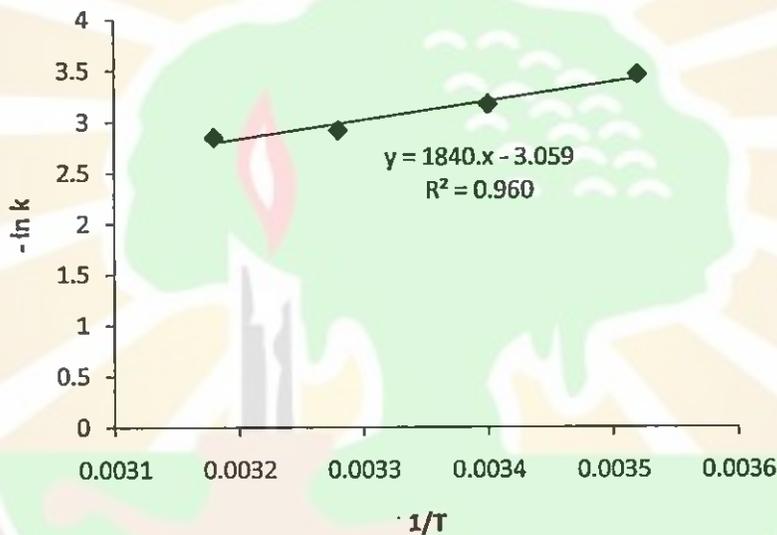
**Tabel 2. Konstanta kecepatan transpor fenol pada kondisi optimum dengan berbagai variasi temperatur**

No	Temperatur (°C)	$k_1$	$k_2$
1	11	0,03230	0,03150
2	21	0,04230	0,04209
3	31	0,05416	0,05411
4	41	0,06180	0,05796

Dari Tabel 2 terlihat kenaikan nilai konstanta kecepatan transpor fenol sebanding dengan temperatur. Hal ini juga menunjukkan penurunan temperatur akan memperlambat proses difusi transpor yang mengakibatkan kecepatan transpor fenol dari fasa sumber ke fasa penerima juga akan menurun.

#### 4.4 Energi Aktivasi Transpor Fenol

Energi aktivasi ( $E_a$ ) dari sistem transpor fenol antar fasa, ditentukan berdasarkan rumus Arrhenius  $\ln k = -E_a/RT + \ln A$  yaitu dari nilai plot atau kemiringan grafik



Gambar 11. Plot Arrchenius  $\ln k$  vs  $1/T$

Dengan memakai nilai  $k_2$  diperoleh energi aktivasi transpor fenol dari fasa sumber ke fasa penerima melalui membran cair kloroform dengan zat pembawa N,N-Dimetil asetamida pada kondisi optimumnya adalah  $15,304 \text{ kJ mol}^{-1}$  atau  $3,658 \text{ kkal mol}^{-1}$ . Perhitungan energi aktivasi diambil dari perubahan harga  $k_2$  karena konstanta kecepatan  $k_2$  nilainya lebih rendah dibandingkan dari nilai  $k_1$ . Menurut Aydiner et.al (2006), bila  $E_a < 5 \text{ kkal mol}^{-1}$  menyatakan bahwa proses transpor dikontrol secara proses difusi dan bila  $E_a > 10 \text{ kkal mol}^{-1}$  menyatakan bahwa proses transpor dikontrol secara kimia. Dari perhitungan nilai  $E_a$  yang didapatkan sebesar  $3,658 \text{ kkal mol}^{-1}$ , artinya proses transpor fenol melalui teknik membran cair fasa ruah ini dikontrol melalui proses difusi<sup>9</sup>.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari pengolahan data hasil percobaan kinetika transpor fenol dapat disimpulkan bahwa sistem transpor ini ternyata diidentifikasi memenuhi hukum kinetika dari reaksi konsekutif irreversible orde pertama. Konstanta kecepatan transpor fenol pada temperatur 31°C adalah  $k_1$  0,05416 menit<sup>-1</sup> dan  $k_2$  0,05411 menit<sup>-1</sup>. Perubahan temperatur percobaan mempengaruhi kecepatan reaksi transpor fenol, dimana semakin naik temperatur maka nilai konstanta kecepatan reaksi akan naik yang mengakibatkan peningkatan kecepatan transpor dengan energi aktivasi 15,304 kJ mol<sup>-1</sup> atau 3,658 kkal mol<sup>-1</sup> artinya proses transpor fenol melalui teknik membran cair fasa ruah ini dikontrol melalui proses difusi.

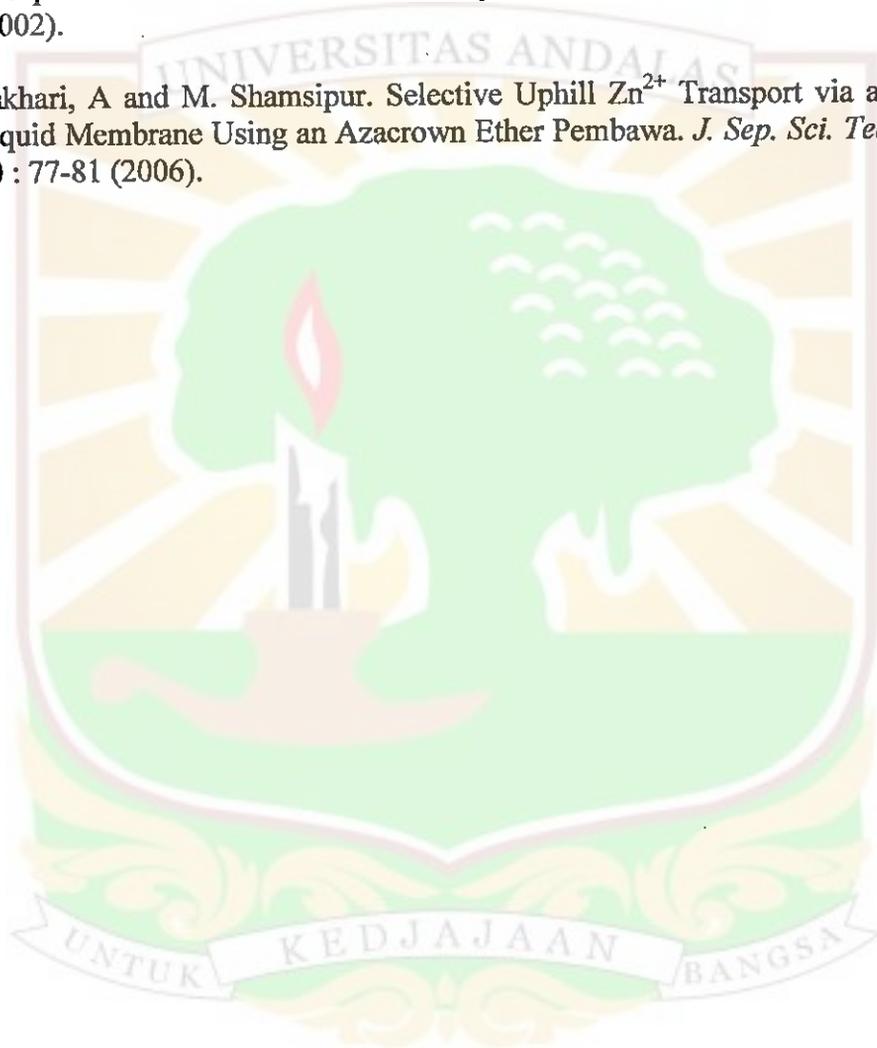
### 5.2 Saran

Penelitian ini merupakan penelitian lanjut dari optimasi transpor fenol antar fasa, maka untuk meningkatkan keselektifan dari metoda ini perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut dengan menguji sistem transpor ini terhadap keberadaan ion-ion lain dan kemungkinan pemakaian pemasking-pemasking tertentu. Diharapkan penelitian ini dapat diaplikasikan kelapangan atau industri sebagai suatu teknik pemisahan terapan atau pemurnian untuk ion-ion tertentu.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Charlena. Ekstraksi Fenol dalam Air dengan Teknik Emulsi Membran Cair. Tesis Pascasarjana Kimia Institut Teknologi Bandung (1995).
2. Mulder, M., Basic Principle of Membran technology. Kluwer Academic Publisher, Do Rsrecht. pp. 244-259 (1991).
3. Setiawan, Aziz. Optimasi Transpor Fenol melalui Membran Kloroform Dalam Teknik Membran Cair Fasa Ruah. Skripsi Sarjana Kimia. Universitas Andalas (2010).
4. Sartika, Noverma. Optimasi Transpor Fenol dari Dalam Air dengan Zat Pembawa N,N-Dimetilasetamida Melalui Teknik Membran Cair Fasa Ruah. Skripsi Sarjana Kimia. Universitas Andalas (2009).
5. Wahyuni, Erni. Pengaruh Penambahan Surfaktan terhadap Transpor Fenol dari dalam Air dengan Zat Pembawa N,N-dimetilasetamida melalui Teknik Membran Cair Fasa Ruah. Skripsi Sarjana Kimia. Universitas Andalas (2010).
6. Lestari, Yulisa. Transpor Fenol dengan Zat Pembawa N,N-Dimetilasetamida dan Tween-80 sebagai Zat Aditif melalui Teknik Membran Cair Fasa Ruah. Skripsi Sarjana Kimia. Universitas Andalas (2010).
7. Safavi A. And Sahams e. Selective and Efficient Transpor of Hg(II) Through Bulk Liquid Membrane Using Methyl Red as Carrier. *J. Memb. Sci.* 135-173 (1998).
8. Kusuma, Theresia S. Kinetika Kimia, Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas (1981).
9. Aydiner. C, Kobyas. M and Edemirbas. Cyanide Ions Transport from Aqueous Solution by using Quaternary Ammonium Salts Through Bulk Liquid Membrane. *Desalination*. 180 : 139 -150 (2005).
10. Wan, Yin Hua and Xiang De Wang. Treatment of High Concentration Phenolic Waste Water by Liquid Membrane with  $N_{503}$  as Mobile Pembawa. *J. Membr. Scie.*, 135 : 263 -270 (1997).
11. Mulyasuryani A, dkk. Metoda Sederhana untuk Monitoring Senyawa-senyawa Fenol di Perairan. *J. Penelitian Ilmu-ilmu Teknik (engineering)*. 1997. Hal. 107-125.

12. Khalil, F and M. Shamsipur. Separation Study of Cadmium as  $CdI_4^{2-}$  through a Bulk Liquid Membrane Containing Ketoconazole and Oleic Acid. *J. Analytica Science*. 21 : 501 – 505 (2005)
13. Ma, Ming, He, Dingsheng and Liao. S., Kinetic Study of L-Isoleucine Transport through a Liquid Membrane Containing di(2-ethylhexyl) Phosphoric Acid in Kerosene. *J. Analytica Chimica Acta*. 456 : 157-165 (2002).
14. Fakhari, A and M. Shamsipur. Selective Uphill  $Zn^{2+}$  Transport via a Bulk Liquid Membrane Using an Azacrown Ether Pembawa. *J. Sep. Sci. Technol*. 50 : 77-81 (2006).



## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### Data Percobaan Konsentrasi Fasa Sumber, Membran dan Penerima Transpor Fenol pada Temperatur 31°C

No	Waktu Transpor (menit)	[fenol] <sub>s</sub> x 10 <sup>-4</sup>	[fenol] <sub>p</sub> x 10 <sup>-4</sup>	Rs	Rm	Rp
1	0	2.13	0	1	0	0
2	10	1.065	0.330	0.500	0.190	0.310
3	15	0.777	0.500	0.365	0.165	0.470
4	20	0.532	0.639	0.250	0.150	0.600
5	30	0.279	0.816	0.131	0.102	0.767
6	45	0.208	0.946	0.098	0.013	0.889
7	60	0.106	1.008	0.050	0.003	0.947

#### Keterangan :

[(fenol)<sub>s</sub>] = Konsentrasi fenol sisa dalam fasa sumber

[(fenol)<sub>p</sub>] = Konsentrasi fenol yang tertranspor ke fasa penerima

Rs = Konsentrasi fenol dalam fasa sumber pada waktu t per konsentrasi fenol dalam fasa sumber pada t = 0

Rp = Konsentrasi fenol dalam fasa penerima pada waktu t per konsentrasi fenol dalam fasa sumber pada t = 0

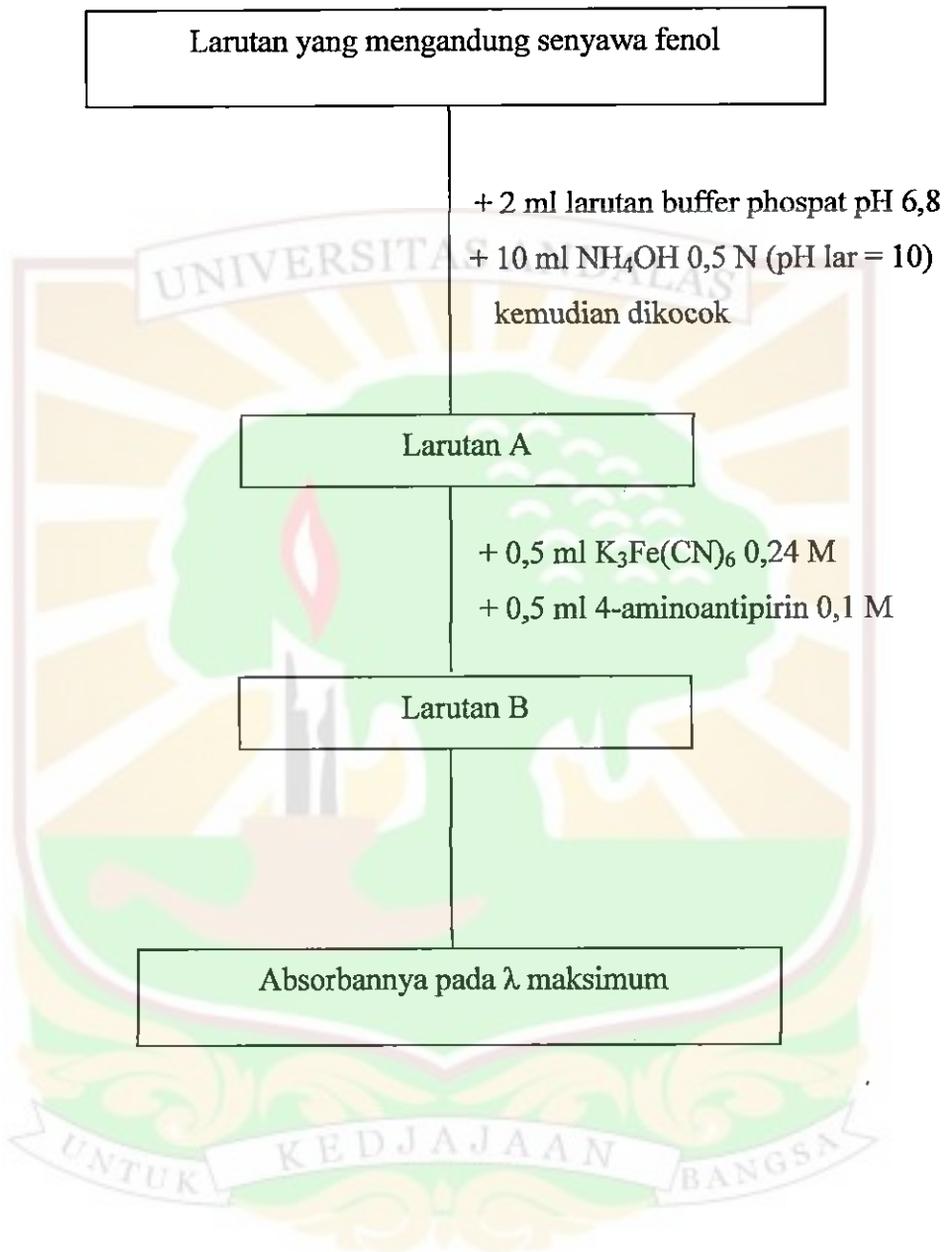
Rm = Konsentrasi fenol dalam fasa membran pada waktu t per konsentrasi fenol dalam fasa sumber pada t = 0

#### Kondisi Percobaan yang dilakukan pada kondisi optimum :

1. Fasa sumber : 6 mL fenol 2,13 x 10<sup>-4</sup> M yang mengandung 2,77 x 10<sup>-4</sup> M Tween-80
2. Fasa membran : 20 mL kloroform yang mengandung 0,0540 M N,N-dimetilasetamida
3. Fasa penerima : 12 mL NaOH 0,2 M
4. Kecepatan pengadukan : 340 rpm
5. Waktu kesetimbangan : 15 menit

Lampiran 2

Skema Kerja Penentuan Fenol dengan Metoda 4-Aminoantipirin



Lampiran 3

**Data Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum untuk Pengukuran Konsentrasi Fenol secara Spektrofotometri**

Panjang gelombang (nm)	Absorban
450	0,114
455	0,118
460	0,121
465	0,126
470	0,131
475	0,143
480	0,152
485	0,167
490	0,179
495	0,185
500	0,190
505	0,192
510	0,195
515	0,188
520	0,183
525	0,173
530	0,166
535	0,161
540	0,144
545	0,140
550	0,135
555	0,122
560	0,111
565	0,097
570	0,088
575	0,085
580	0,060
585	0,052
590	0,046
595	0,043
600	0,040

Panjang gelombang maksimum untuk pengukuran konsentrasi fenol adalah : 510 nm.

Lampiran 4

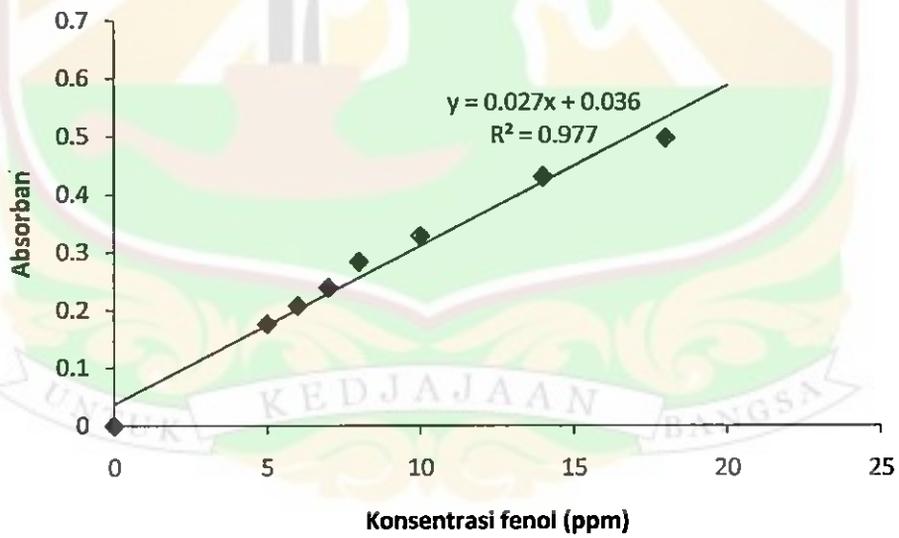
Data Pembuatan Persamaan Regresi

Tabel : Hubungan absorbansi dengan konsentrasi fenol

Konsentrasi fenol (ppm)	Absorbansi (A)
0	0
5	0.176
6	0.208
7	0.239
8	0.284
10	0.328
14	0.430
18	0.496

Persamaan regresi yang diperoleh:  $y = 0,0308 x + 0,0176$

Kurva persamaan regresi tersebut dapat digambarkan:



Gambar : Kurva kalibrasi standar fenol pada panjang gelombang maksimum 510 nm.

Lampiran 5

Data Percobaan Transpor Fenol

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Rs	Rm	Rp	k <sub>1</sub> (menit <sup>-1</sup> )	k <sub>2</sub> (menit <sup>-1</sup> )
11	0	1	0	0	0,03230	0,03150
	10	0,690	0,110	0,200		
	15	0,561	0,123	0,316		
	20	0,421	0,163	0,416		
	30	0,278	0,167	0,555		
	45	0,230	0,133	0,637		
	60	0,210	0,143	0,647		
21	0	1	0	0	0,04230	0,04209
	10	0,601	0,142	0,257		
	15	0,450	0,176	0,374		
	20	0,311	0,196	0,493		
	30	0,186	0,172	0,642		
	45	0,143	0,114	0,743		
	60	0,130	0,100	0,770		
31	0	1	0	0	0,05416	0,05411
	10	0,500	0,190	0,310		
	15	0,365	0,165	0,470		
	20	0,250	0,150	0,600		
	30	0,131	0,102	0,767		
	45	0,098	0,013	0,889		
	60	0,050	0,003	0,947		
41	0	1	0	0	0,06180	0,05796
	10	0,400	0,320	0,280		
	15	0,270	0,300	0,430		
	20	0,174	0,276	0,550		
	30	0,091	0,198	0,711		
	45	0,051	0,116	0,833		
	60	0,04	0,075	0,885		

## Lampiran 6

### Contoh Perhitungan Nilai Rs, Rm dan Rp

Penentuan nilai Rs, Rm dan Rp dari fenol pada temperatur 31<sup>0</sup>C pada waktu transpor 60 menit

$$[\text{fenol}] \text{ yang tersisa di fasa sumber } ([\text{fenol}]_s) = 0,1065 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{fenol}] \text{ yang tersisa di fasa penerima } ([\text{fenol}]_p) = 1,0086 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{fenol}] \text{ mula-mula di fasa sumber } ([\text{fenol}]_o) = 2,13 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Jadi,

$$R_s = \frac{[\text{fenol}]_s}{[\text{fenol}]_o} \times \frac{\text{volume fasa penerima}}{\text{volume fasa sumber}}$$

$$= \frac{0,1065 \times 10^{-4} \text{ M}}{2,13 \times 10^{-4} \text{ M}} \times \frac{6 \text{ mL}}{6 \text{ mL}}$$

$$= 0,050$$

$$R_p = \frac{[\text{fenol}]_p}{[\text{fenol}]_o} \times \frac{\text{volume fasa penerima}}{\text{volume fasa sumber}}$$

$$= \frac{1,0086 \times 10^{-4} \text{ M}}{2,13 \times 10^{-4} \text{ M}} \times \frac{12 \text{ mL}}{6 \text{ mL}}$$

$$= 0,947$$

$$R_m = 1 - (R_s + R_p)$$

$$= 1 - (0,050 + 0,947)$$

$$= 0,003$$

Sehingga diperoleh nilai Rs adalah 0,050 Rp adalah 0,947 dan Rm adalah 0,003

Lampiran 7

**Penentuan Konstanta Kecepatan Transpor Fenol dari Fasa Sumber ke Fasa Membran ( $k_1$ )**

Penentuan konstanta kecepatan transpor fenol dari fasa sumber ke fasa membran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) pada masing-masing perubahan waktu, seperti contoh berikut ;

Contoh penentuan  $k_1$  pada perubahan waktu

Untuk  $t_1$ ,  $\ln R_{s1} = -k_1 \cdot t_1 \dots \dots \dots (i)$

Untuk  $t_2$ ,  $\ln R_{s2} = -k_1 \cdot t_2 \dots \dots \dots (ii)$

Selisih (i) dan (ii)

$\ln R_{s1} = -k_1 \cdot t_1$

$\ln R_{s2} = -k_1 \cdot t_2 -$

$\ln R_{s1} - \ln R_{s2} = -k_1 \cdot t_1 + -k_1 \cdot t_2$

$\ln R_{s1}$  =  $k_1 (t_2 - t_1)$

$R_{s2}$

$k_1 = \frac{\ln R_{s1} / \ln R_{s2}}{(t_2 - t_1)}$

Pada perubahan waktu 0 – 10 menit, nilai  $k_1$

$k_1 = \frac{\ln 1,000 / 0,500}{(10 - 0)}$   
 $= 0.06931$

Pada perubahan waktu 0 – 15 menit, nilai  $k_1$

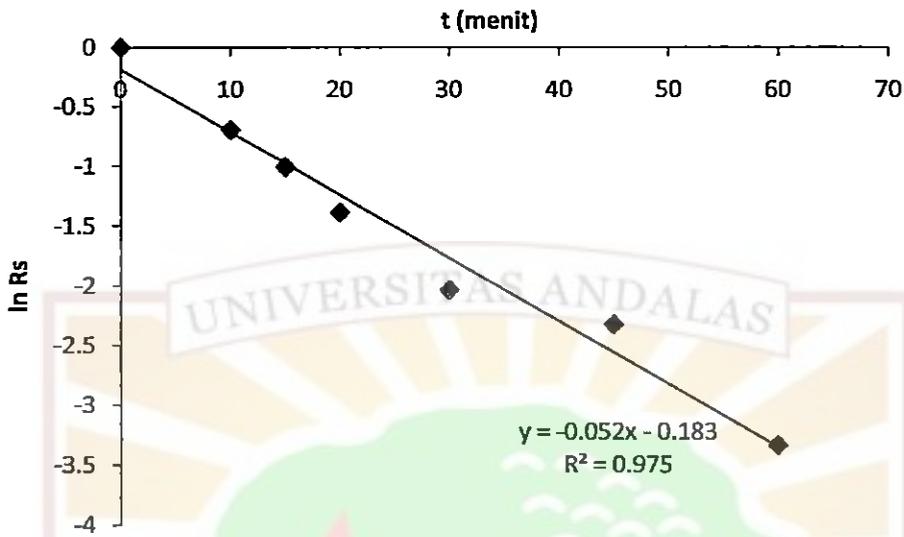
$k_1 = \frac{\ln 1,000 / 0,365}{(15 - 0)}$   
 $= 0.06719$

Dengan cara yang sama, sehingga nilai rata-rata  $k_1$  pada  $31^{\circ}\text{C}$  adalah  $0.05416 \text{ menit}^{-1}$

Lampiran 8

Cara Lain dalam Penentuan Nilai  $k_1$

- Berdasarkan Plot Grafik  $\ln R_s$  vs  $t$  dari fenol pada temperatur  $31^\circ\text{C}$



Nilai  $k_1$  adalah  $0.05274 \text{ menit}^{-1}$

- Berdasarkan Least Means Square Methode dari Fenol pada temperatur  $31^\circ\text{C}$

No	X	Y	XY	X <sup>2</sup>
1	0	0	0	0
2	10	-0.69315	-6.9314	100
3	15	-1.00786	-15.1177	225
4	20	-1.3863	-27.7258	400
5	30	-2.03256	-60.9765	900
6	45	-2.32279	-104.5255	2025
7	60	-3.33573	-200.1438	3600
Jumlah	180	-10.77839	-415.4215	7250

Keterangan : X adalah waktu (menit)

Y adalah  $\ln R_s$

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum y}{n \sum X^2 - \sum (X)^2} \\
 &= \frac{(7)(-415.4215) - (18)(-10.77839)}{(7)(7250) - (180)^2} \\
 &= -0.05274 \text{ menit}^{-1}
 \end{aligned}$$

Lampiran 9

**Penentuan Konstanta Kecepatan Transpor Fenol dari Fasa Membran ke Fasa Penerima ( $k_2$ )**

Penentuan Konstanta Kecepatan Transpor Fenol dari Fasa Membran ke Fasa Penerima ( $k_2$ ) dapat dihitung mengeliminasi persamaan (5) dan persamaan (6) seperti contoh berikut :

Perhitungan  $k_2$  untuk transpor Fenol pada temperatur  $31^{\circ}\text{C}$

Data :  $k_1 = 0.05416 \text{ menit}^{-1}$

1. Waktu transpor 0 menit  
 $k_2 = 0$
2. Waktu transpor 20 menit,  $R_m = 0.150$  ,  $R_p = 0.600$

Data tersebut disubstitusikan ke persamaan (5) dan persamaan (6) sehingga :

Pada t 20 menit,  $0.150 = \frac{0.05416}{(k_2 - 0.05416)} (e^{-(0.05416 \times 20)} - e^{-k_2 \cdot 20})$

$$0.150 k_2 - 0.00812 = 0.01833 - 0.05416 e^{-k_2 \cdot 20}$$

$$0.150 k_2 - 0.02645 + 0.05416 e^{-k_2 \cdot 20} = 0 \dots \dots \dots (i)$$

$$0.600 = 1 - \frac{1}{(k_2 - 0.05416)} (k_2 e^{-(0.05416 \times 20)} - 0.05416 e^{-k_2 \cdot 20})$$

$$0.400 = \frac{1}{(k_2 - 0.05416)} (k_2 e^{-(0.05416 \times 20)} - 0.05416 e^{-k_2 \cdot 20})$$

$$0.400 k_2 - 0.02166 = 0.33851 k_2 - 0.05416 e^{-k_2 \cdot 20}$$

$$0.06149 k_2 - 0.02166 + 0.05416 e^{-k_2 \cdot 20} = 0 \dots \dots \dots (ii)$$

Dari persamaan (i) dan (ii) dilakukan eliminasi :

$$0.150 k_2 - 0.02645 + 0.05416 e^{-k_2 \cdot 20} = 0$$

$$0.06149 k_2 - 0.02166 + 0.05416 e^{-k_2 \cdot 20} = 0$$

$$0,08851 k_2 = 0,000479$$

$$k_2 = 0,05412 \text{ menit}^{-1}$$

Dengan menggunakan perhitungan diatas, bisa didapatkan nilai  $k_2$  pada waktu yang berbeda sehingga diperoleh nilai rata-rata  $k_2$  dari fenol pada temperatur  $31^{\circ}\text{C}$  adalah  $0,05411 \text{ menit}^{-1}$ .

Lampiran 10

**Model Sel Membran Cair Fasa Ruah**



Lampiran 11

**Perangkat Alat Sel Membran Cair Fasa Ruah**

