

**TRANSPOR ION Ni(II) MELALUI MEMBRAN KLOROFORM DENGAN  
PENGEMBAN ION *p-t*-BUTILKALIKS[6]ARENA**

**DARWINI**

**H311 16 004**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**SKRIPSI**

**TRANSPOR ION Ni(II) MELALUI MEMBRAN KLOROFORM DENGAN  
PENGEMBAN ION *p-t*-BUTILKALIKS[6]ARENA**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**DARWINI**

**H31116004**



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

**2021**

**TRANSPOR ION Ni(II) MELALUI MEMBRAN KLOROFORM DENGAN  
PENGEMBAN ION *p-t*-BUTILKALIKS[6]ARENA**

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

**Oleh:**

**DARWINI**

**H31116004**



**MAKASSAR**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**TRANSPOR ION Ni(II) MELALUI MEMBRAN KLOROFORM DENGAN  
PENGEMBAN ION *p-t*-BUTILKALIKS[6]ARENA**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**DARWINI**

**H31116004**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kimia Fakultas  
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 18 Februari 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



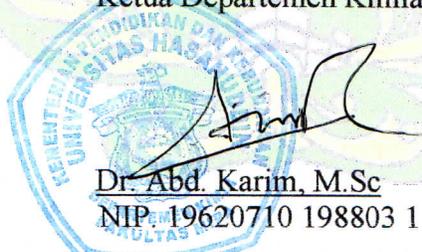
Dr. Maming, M.Si  
NIP. 19631231 198903 1 031

Pembimbing Pertama,



Dr. Firdaus, MS  
NIP. 19600909 198810 1 001

Ketua Departemen Kimia,



Dr. Abd. Karim, M.Sc  
NIP. 19620710 198803 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : DARWINI  
NIM : H311 16 004  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

### **TRANSPOR ION Ni(II) MELALUI MEMBRAN KLOROFORM DENGAN PENGEMBAN ION *p-t*-BUTILKALIKS[6]ARENA**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 Februari 2021

Yang menyatakan,



(Darwini)

## PERSEMBAHAN

*Teruntuk ibuku, Hasnani. Terima kasih sudah menjadi Wanita hebat untukku, Terima kasih untuk setiap doamu yang memudahkan jalanku menyelesaikan Pendidikan, terima kasih untuk setiap pengorbananmu yang tidak mungkin bisa ku balas dan terima kasih juga untuk semua orang-orang baik atas bantuan, doa dan motivasi yang telah diberikan*

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan jalan terang bagi ummatnya.

Skripsi yang berjudul “**Transpor Ion Ni(II) melalui Membran Kloroform dengan Pengemban Ion *p-t*-Butilkaliks[6]arena**” disusun sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Kimia Universitas Hasanuddin. Penulis berterima kasih sedalam-dalamnya kepada Orang Tua, Bapak (**Hasanuddi**) dan Mama (**Hasnani**), yang selalu memanjatkan doa, juga memberikan dukungan dan pengorbanan kepada penulis demi menggapai impian dan cita-citanya. Terima kasih juga kepada adik penulis **Delvyana Dewi** serta kepada semua keluarga yang namanya tak sempat disebut satu per satu. Terima kasih sudah terlibat, memberikan dukungan dan kasih sayang sehingga penulis bisa menyelesaikan studinya.

Penulis banyak menemui kendala dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan. Skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan serta kemurahan hati dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis berterima kasih kepada bapak **Dr.Maming, M.Si** sebagai pembimbing utama dan bapak **Dr. Firdaus Zenta, M.S** sebagai pembimbing pertama yang telah membimbing mulai dari awal hingga selesainya penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M. A.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Makassar.

2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Dr. Abdul Karim, M.Si** dan ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si**, selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
4. Bapak **Dr. Muhammad Zakir, M.Si**, dan ibu **Dr. Nur Umrhani Permatasari, M.Si**, selaku tim penguji yang telah memberi banyak masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh dosen Departemen Kimia dan MKU Universitas Hasanuddin, yang telah banyak memberikan ilmu, pengalaman, serta masukan selama masa studi.
6. Seluruh staf pegawai Fakultas MIPA Unhas maupun Departemen Kimia FMIPA Unhas, yang memberikan bantuan dan kerjasamanya.
7. Seluruh Kepala Laboratorium di departemen Kimia FMIPA Unhas, serta Kepala Laboratorium Kimia Dasar, Biologi Dasar, dan Fisika dasar.
8. Seluruh analis di Departemen Kimia FMIPA Unhas, terkhusus Analis Laboratorium Kimia Analitik Departemen Kimia FMIPA Unhas, ibu **Fibiyanti, S.Si**, dan Analis Laboratorium Kimia Analitik Departemen Kimia FMIPA Unhas kak **Nurul Hanna, A.Md** yang memberikan fasilitas dan kemudahan.
9. Teman-teman **Posko Barua**, KKN Unhas Gelombang 102 Kemendes Barru.
10. Teman-teman **MIPA 2016**, salam *Seperti Seharusnya*.
11. Teman-teman **KROMOFOR 2016**, salam *Totalitas Hingga Akhir*.
12. **A. Mena Mulya Raja** dan **Magefira** yang telah terlibat dalam penelitian maupun dalam penyelesaian skripsi ini.

13. **Sri Juliana dan Sriwahyuni Nasir** yang setia menemani dalam segala kondisi.

14. Teman-teman seperjuangan SNPTN **Amru, Tachmil, Astari, Wulan Fauziah Gaffar, S.IP, Meilinda, S.T.**

15. Bapak **Arham. B. Amali, S.Pd** yang banyak membantu pada pendaftaran SNMPTN.

16. Semua pihak yang telah terlibat secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak sempat disebutkan satu per satu.

Atas segala kebaikan yang telah diberikan oleh berbagai pihak, penulis mengucapkan banyak terima kasih. Semoga Tuhan membalasnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak luput dari kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan untuk kedepannya. Akhirnya, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, 18 Februari 2021

Penulis

## ABSTRAK

Penelitian mengenai transpor ion Ni(II) melalui membran kloroform dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pH optimum fasa sumber, konsentrasi optimum fasa sumber, waktu kontak optimum dalam transpor ion Ni(II), serta mengetahui konsentrasi ion Ni(II) yang dapat tertranspor pada kondisi optimum. Pada penelitian ini menggunakan parameter kondisi optimum yang meliputi pH fasa sumber, konsentrasi logam dalam fasa sumber, dan waktu kontak. Proses transpor berlangsung dengan kecepatan pengadukan 150 rpm, temperatur  $\pm 27$  °C selama 24 jam. Analisis konsentrasi logam yang tertranspor pada fasa target dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Hasil penelitian memperlihatkan pH optimum transpor terjadi pada pH 3 dengan konsentrasi ion Ni(II) yang tertranspor  $9,51 \times 10^{-5}$  M, konsentrasi optimum logam dalam fasa sumber pada  $24,90 \times 10^{-5}$  M dengan konsentrasi ion Ni(II) yang tertranspor  $19,71 \times 10^{-5}$  M, dan waktu kontak optimum pada 24 jam dengan konsentrasi ion Ni(II) yang tertranspor  $20,44 \times 10^{-5}$  M.

Kata kunci: transpor membran cair membran cair, *p-t*-butilkaliks[6]arena, nikel

## *ABSTRACT*

Research on the transport of Ni(II) ions through chloroform membranes with ion-carrier p-t-butylcalcic[6]arenes has been carried out. This study aims to determine the optimum pH of the source phase, the optimum concentration of the source phase, the optimum contact time in Ni(II) ion transport, and to determine the concentration of Ni(II) ions that can be transported under optimum conditions. In this study, the optimum condition parameters include pH of the source phase, metal concentration in the source phase, and contact time. The transport process takes place with a stirring speed of 150 rpm, a temperature of  $\pm 27$  °C for 24 hours. Analysis of the metal transported concentration in the target phase was carried out using an atomic absorption spectrophotometer. The results showed that the optimum pH of transport occurred at pH 3 with the concentration of Ni(II) ions which were transported at  $9,51 \times 10^{-5}$  M, the optimum concentration of metals in the source phase was at  $24,90 \times 10^{-5}$  M with the concentration of Ni(II) ions  $19,71 \times 10^{-5}$  M, and the optimum contact time was 24 hours with a concentration of Ni(II) ions that were transported  $20,44 \times 10^{-5}$  M.

Key words: liquid membrane transport, p-t-butylcalcic[6]arenes, nickel

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA.....	vii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pencemaran Logam Nikel.....	6
2.2 Nikel.....	8
2.3 Pengolahan Limbah Cair.....	10
2.4 Transpor Membran Cair .....	12
2.5 Kaliks[n]arena.....	16
BAB III. METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Bahan Penelitian.....	23
	xii

3.2	Alat Penelitian.....	23
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.4	Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1	Pembuatan Larutan Pengemban Ion.....	23
3.4.2	Pembuatan Larutan Nikel.....	24
3.4.3	Proses Transpor.....	25
3.4.3.1	Transpor dengan Variasi pH.....	25
3.4.3.2	Transpor dengan Variasi Konsentrasi.....	26
3.4.3.3	Transpor dengan Variasi Waktu.....	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1	Pengaruh pH fasa sumber.....	29
4.2	Pengaruh konsentrasi fasa sumber.....	33
4.3	Pengaruh waktu kontak.....	36
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....		41
LAMPIRAN.....		49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Spesiasi Ni(II) dalam air.....	9
2. Struktur kaliks[n]arena.....	16
3. Struktur umum senyawa <i>p-t</i> -butilkaliks[6]arena .....	18
4. Sel membran cair.....	22
5. Perkiraan Mekanisme <i>Antiport</i> Transpor ion Ni <sup>2+</sup> .....	26
6. Pengaruh pH fasa sumber terhadap konsentrasi ion Ni(II) yang tertranspor.....	30
7. Pengaruh konsentrasi logam fasa sumber terhadap konsentrasi ion Ni(II) yang tertranspor.....	33
8. Pengaruh waktu kontak terhadap konsentrasi ion Ni(II) yang tertranspor	37
9. Pengaruh perubahan pH fasa sumber dan fasa target terhadap transpor variasi waktu.....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema kerja.....	49
2. Bagan kerja pembuatan larutan.....	50
3. Bagan kerja transpor dengan variasi pH fasa sumber.....	51
4. Bagan kerja transpor dengan variasi konsentrasi fasa sumber.....	52
5. Bagan kerja transpor dengan variasi waktu kontak.....	53
6. Dokumentasi penelitian.....	54
7. Perhitungan pembuatan larutan.....	56
8. Perhitungan konsentrasi Ni(II).....	59
9. Data transpor ion Ni(II) terhadap variasi pH fasa sumber.....	66
10. Data transpor ion Ni(II) terhadap variasi konsentrasi fasa sumber.....	67
11. Data transpor ion Ni(II) terhadap variasi waktu kontak.....	68
12. Data pengaruh perubahan pH fasa sumber dan ph fasa target terhadap transpor ion Ni(II) variasi waktu kontak.....	69

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Å	: angstrom
pH	: potensial hidrogen
ppm	: part per million
°C	: derajat celcius
D2EHPA	: di-(2-ethyl-hexyl)phosphoric acid
$\beta$	: selektivitas transpor ion
$\Phi$	: diameter tabung
rpm	: rotasi per menit
KJ/mol	: kilo joule per mol
ELM	: emulsion liquid membrane
SLM	: supported liquid membrane
BLK	: bulk liquid membrane
mol/L	: mol per liter
PVDF	: polivilidena florida

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan dunia industri di Indonesia telah memberikan dampak positif bagi kehidupan manusia terutama dalam peningkatan kualitas hidup manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Namun dengan kemajuan ini pula akan membawa ancaman bagi keseimbangan lingkungan hidup maupun terhadap kelestarian lingkungan. Salah satunya pencemaran lingkungan akibat limbah industri yang mengandung logam berat sehingga dapat memperburuk kondisi lingkungan dan meningkatkan penyakit pada manusia serta kerusakan pada komponen hidup lainnya seperti kematian ikan, keracunan pada manusia, hewan ternak, kematian plankton, akumulasi dalam daging ikan dan mollusca, terutama bila limbah cair tersebut mengandung logam beracun seperti arsenik (As), sianida (CN), kromium (Cr), kadmium (Cd), raksa (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), nikel (Ni), seng (Zn) atau flour (F) (Suprptini, 2002).

Limbah industri yang mengandung logam berat dapat merusak lingkungan hidup baik di darat maupun perairan sehingga dapat menyebabkan berbagai permasalahan bagi makhluk hidup akibat kontaminasi logam berat. Kontaminasi logam berat pada makhluk hidup dapat melalui inhalasi, oral dan dermal sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan salah satunya pada manusia seperti gangguan sistemik, gangguan imunologi, gangguan neurologis, gangguan reproduksi, gangguan perkembangan dan efek karsinogenik (Miaratiska dan Azizah, 2015). Logam berat yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari salah satunya adalah nikel karena banyak digunakan dalam peralatan rumah tangga yang

berbahan *stainless steel* dan beberapa alat elektronik lainnya sehingga dapat meningkatkan konsentrasi nikel terutama pada lokasi produksi produk berbahan dasar nikel. Gerberding (2005) melaporkan bahwa dalam konsentrasi tinggi nikel di tanah pesisir merusak tanaman dan di permukaan air dapat mengurangi tingkat pertumbuhan alga. Selain itu, nikel juga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Blaylock dan Frank, 1979). Oleh karena itu, perlu pengolahan limbah industri untuk meminimalkan kandungan logam berat yang dibuang ke lingkungan karena dapat merusak ekosistem dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Banyak metode alternatif pengolahan limbah yang dikembangkan untuk pengolahan limbah industri yang mengandung logam berat seperti proses netralisasi menggunakan kapur (Fatmawati, 2009), ekstraksi pelarut, adsorpsi (Nuryati dkk, 2018), membran padat dan transpor membran cair (Maming dkk., 2007).

Transpor membran cair dianggap metode paling efektif untuk diterapkan karena proses membran cair memiliki kelebihan yaitu dapat diterapkan walaupun konsentrasi logamnya rendah, proses berjalan secara sinambung, dan menggunakan sedikit pelarut organik. Prinsip pemisahan metode ini, ion transpor dari fasa sumber ke fasa target yang difasilitasi oleh pengemban ion dalam membran. Faktor yang menentukan efisiensi dan selektivitas transpor ion logam dalam metode ini yaitu kesesuaian sifat pengemban ion dan ion logam. Selain itu juga dipengaruhi oleh beberapa kondisi seperti pH, konsentrasi pengemban ion, dan waktu kontak (Agustina, 2006). Beberapa pengemban ion yang dapat digunakan dalam metode transport membran yaitu golongan senyawa eter mahkota, kriptan, kaliks[n]arena, dan siklodekstrin (Maming, 2008).

Kaliks[n]arena merupakan senyawa makrosiklik yang potensial sebagai pengemban ion logam dalam transpor membran cair karena memiliki gugus hidroksi

dan strukturnya menyerupai keranjang sehingga dapat berperan sebagai molekul inang (Prabawati dkk., 2012), pada umumnya larut dalam pelarut organik, memiliki gugus fungsi dan ukuran cincin yang bervariasi (Maming dkk., 2007).. Selektivitas senyawa kaliks[n]arena terhadap ion logam berat berhubungan dengan gugus selektif pada cincin molekul yang sesuai dengan sifat ion logam yang akan dipisahkan (Konczyk dkk., 2016). Kaliks[6]arena merupakan salah satu senyawa turunan dari kaliks[n]arena dengan diameter rongga sekitar 2,0-2,9 Å yang diduga dapat berperan sebagai pengemban ion logam dengan gugus OH sehingga dapat membentuk kompleks dengan ion Ni(II) yang memiliki jari-jari ion 1,24 Å (Prabawati dkk., 2012).

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pemisahan logam berat nikel(II) dengan menggunakan metode transpor membran cair ruah dengan senyawa *p-t*-butilkaliks[6] sebagai pengemban ion dan kloroform sebagai membran cair.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan yang muncul pada proses transpor ion logam berat nikel(II) menggunakan *p-t*-butilkaliks[6]arena sebagai pengemban ion adalah sebagai berikut :

1. berapa pH optimum fasa sumber terhadap transpor ion Ni(II) dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena?
2. berapa konsentrasi optimum ion Ni(II) dalam fasa sumber terhadap transpor ion Ni(II) dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena?
3. berapa waktu kontak optimum terhadap transpor ion Ni(II) dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena?
4. berapa konsentrasi ion Ni(II) yang dapat tertranspor dari fasa sumber ke

fasa target dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena pada kondisi optimum?

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

#### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari proses transpor ion logam nikel(II) melalui membran kloroform dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena.

#### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan pH optimum fasa sumber pada transpor ion Ni(II) dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena.
2. menentukan konsentrasi optimum ion Ni(II) dalam fasa sumber terhadap transpor ion Ni(II) dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena.
3. menentukan waktu kontak optimum terhadap transpor ion Ni(II) dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena.
4. menentukan konsentrasi ion Ni(II) yang dapat tertranspor dari fasa sumber ke fasa target dengan pengemban ion *p-t*-butilkaliks[6]arena pada kondisi optimum.

#### **1.3.3 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pemisahan ion logam dan menurunkan konsentrasi logam berat sebelum di buang ke lingkungan. Penelitian ini juga dapat dijadikan acuan untuk mengembangkan senyawa *p-t*-butilkaliks[6]arena sebagai pengemban ion.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Logam Berat**

Pembangunan di bidang industri merupakan salah satu usaha pemerintah untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi masyarakat. Namun, perkembangan di bidang industri akan di ikuti oleh dampak negatif limbah yang dihasilkan terhadap lingkungan hidup. Salah satunya adalah pencemaran lingkungan yang di akibatkan oleh limbah industri. Pencemaran diakibatkan oleh masuknya bahan pencemar yang dapat berupa gas, bahan-bahan terlarut dan logam berat di lingkungan terutama pada perairan. Pencemaran air dapat menyebabkan berkurangnya keanekaragaman atau punahnya organisme perairan seperti bentos, perifiton dan plankton. Hal ini mengakibatkan ekologis perairan terganggu. Sistem ekologis perairan mempunyai kemampuan untuk memurnikan kembali lingkungan yang telah tercemar jika beban pencemaran masih berada diambang batas (Salam, 2010).

Pencemaran logam berat di lingkungan erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Pada awal digunakannya logam sebagai alat, belum diketahui pengaruh pencemaran pada lingkungan. Proses oksidasi pada logam yang menyebabkan perkaratan sebetulnya merupakan tanda adanya pencemaran (Darmono, 2008). Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai densitas lebih besar daei 5 gram/cm<sup>3</sup>. Keberadaan logam berat di air dapat berasal dari aktivitas manusia di daratan. Logam berat umumnya berasal dari logam golongan transisi dan beberapa dari logam golongan utama (Palar, 2008).

Menurut Sutamihardja (1982), sifat-sifat logam berat secara umum yaitu:

1. sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan).
2. dapat terakumulasi dalam mikroorganisme termasuk karang dan ikan, yang jika dikonsumsi akan membahayakan kesehatan manusia.
3. mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dan air. Selain itu, sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan massa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya kedalam air. Sehingga sedimen dapat menjadi sumber pencemaran potensial dalam skala waktu tertentu.

Peningkatan kadar logam berat dalam air umumnya, disebabkan oleh masuknya berbagai macam limbah seperti limbah industri, pertambangan, pertanian dan limbah rumah tangga atau biasa disebut limbah domestik yang banyak mengandung logam berat. Meningkatnya logam berat dalam air mengakibatkan logam yang semula di jadikan sebagai kebutuhan pertumbuhan organisme berubah menjadi toksik dan menyebabkan gangguan atau bahkan kematian pada organisme yang hidup dalam air (Satmoko, 2006).

Meningkatnya perkembangan industri juga meningkatkan jumlah limbah berbahaya berupa logam berat yang dibuang ke lingkungan (Kaur dan Vohra, 2009). Logam berat ini merupakan sumber utama dari polusi yang terjadi di lingkungan. Beberapa dari logam tersebut dapat membentuk senyawa yang beracun walaupun dalam konsentrasi yang sangat rendah (Srisuwan dan Thongchai, 2002). Logam berat yang mencemari lingkungan sebagian besar didistribusikan melalui jalur air yaitu

pembuangan limbah cair baik yang telah diolah maupun yang belum diolah ke badan air secara langsung dan mencemari air permukaan (Akoto dkk., 2008). Pengolahan limbah industri yang belum memadai mengakibatkan pencemaran yang berkelanjutan. Limbah kimia kegiatan industri yang di buang terus menerus ke lingkungan dapat menyebabkan logam menumpuk dalam sedimen pada perairan dan sampai ke manusia (Mokoagouw, 2008). Logam berat yang berasal dari kegiatan industri salah satunya adalah nikel (aslam dkk., 2010). Nikel banyak digunakan pada peralatan dapur ornamen-ornamen rumah dan gedung serta komponen industri (axtell dkk., 2003).

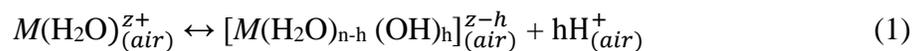
Pencemaran lingkungan oleh nikel terjadi secara alami dan dari sumber anthropogenik. Sumber-sumber alam berasal dari gunung berapi, debu tanah dan kebakaran hutan, dengan ukuran partikel antara 2 sampai 10 mm. Contoh sumber anthropogenik adalah dari pertambangan, peleburan dan pemurnian bijih nikel dengan melepaskan ukuran partikel jauh lebih kecil (0,1 sampai 2,0 mm). Pembakaran bahan baku fosil dan polusi dari industri nikel adalah sumber utama dari lingkungan yang terpapar nikel. Lebih khusus lagi, sumber emisi nikel ke udara termasuk pembakaran batu bara dan minyak untuk sumber energi, pertambangan dan produksi industri baja (Wayne dan ming, 2005). Jika konsentrasi nikel diatas standar baku mutu yakni berada diatas 0,05 ppm, berbagai penyakit yang akut dan kronik dapat timbul pada manusia seperti kerusakan paru-paru dan gangguan pada ginjal. Nikel juga bersifat karsinogenik dan dapat menyebabkan asma serta alergi kulit (aslam dkk., 2010).

## **2.2 Nikel (Ni)**

Nikel dengan simbol Ni memiliki nomor atom 28, terletak pada golongan

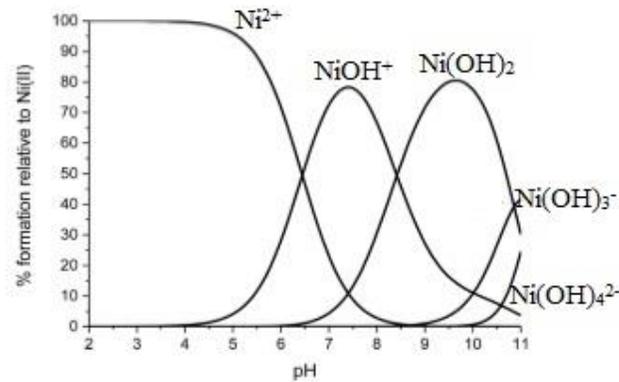
VIII B dan periode ke empat pada tabel periodik unsur. Susunan orbital elektronnya adalah  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$  (Svehla, 1985). Nikel memiliki kepadatan spesifik  $8,90 \text{ g/cm}^3$ , titik leleh  $1555 \text{ }^\circ\text{C}$  dan titik didih  $2837 \text{ }^\circ\text{C}$  serta tahan karat. Dalam keadaan murni nikel bersifat lembek, tapi jika dipadukan dengan besi, krom dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat dan keras. Bentuk umumnya ialah ion nikel ( $\text{Ni}^{2+}$ ). Nikel mempunyai bilangan oksidasi +2 dan +3 (Palar, 1994) serta dapat membentuk senyawa kompleks dengan bilangan koordinasi 6, 5, dan 4 yang dapat membentuk struktur oktahedral, trigonal bipiramida, tetrahedral dan bujur sangkar (Cotton dan Wilkinson, 1989). Nikel dapat membentuk senyawa kompleks dengan hidroksida, karbonat, sulfat dan ligan lainnya (Darmono, 1995).

Pembentukan kompleks logam di pengaruhi oleh spsiasi logam dalam larutan. Ion logam dalam air dapat mengalami spesiasi yang tergantung pada pH larutan. Ion Ni(II) dalam air dapat berada dalam bentuk kompleks-air dengan tingkat koordinasi tertentu ( $n$ ). Kompleks  $M[\text{H}_2\text{O}]_n^{z+}$  dapat terhidrolisis seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.1). peningkatan konsentrasi  $\text{H}^+$  dalam larutan menyebabkan konsentrasi  $M(\text{H}_2\text{O})_{(air)}^{z+}$  bertambah, sebaliknya penurunan konsentrasi  $\text{H}^+$  menyebabkan peningkatan konsentrasi kompleks pada produk hidrolisis  $[M(\text{H}_2\text{O})_{n-h}(\text{OH})_h]_{(air)}^{z-h}$ .



Ketergantungan spesi ion logam berat pada pH berhubungan dengan harga  $\log K_h$  reaksi hidrolisis dari logam tersebut. Semakin besar harga  $\log K_h$ , semakin rendah pH larutan agar keseimbangan reaksi hidrolisis dapat tercapai. Reaksi keseimbangan hidrolisis ion logam pertama berlangsung pada pH yang lebih rendah dibandingkan reaksi

keseimbangan kedua, yakni untuk  $\text{Ni(OH)}^+$  akan terbentuk pada pH lebih rendah dibandingkan  $\text{Ni(OH)}_2$ . Peningkatan pH larutan ion logam akan mendorong berlangsungnya reaksi keseimbangan hidrolisis pertama, kedua atau ketiga (Maming, 2008). Berikut adalah spesiasi logam Ni(II) dalam air:



**Gambar 1.** Spesiasi Ni(II) dalam air (Ostrowska dkk., 2019)

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada pH 2-11 terdapat beberapa spesies Ni yang dapat terbentuk yaitu  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ni(OH)}^+$  dan  $\text{Ni(OH)}_2$ ,  $\text{Ni(OH)}_3^-$ ,  $\text{Ni(OH)}_4^{2-}$ .  $\text{Ni}^{2+}$  dominan pada  $\text{pH} < 4$ , untuk spesies  $\text{Ni(OH)}^+$  mulai terbentuk pada pH 4 dan untuk spesies  $\text{Ni(OH)}_2$  mulai terbentuk pada pH 7, dengan kata lain terjadi pengendapan (Ostrowska dkk., 2019).

### 2.3 Pengolahan Limbah Cair

Netralisasi menggunakan kapur merupakan salah satu teknik pengolahan limbah cair yang biasanya dilakukan pada limbah air asam tambang yang memiliki pH rendah. Secara umum penanganan air asam tambang ada dua cara yaitu secara aktif dan pasif. Penggunaan serbuk kapur yang dimasukkan ke dalam saluran air asam tambang merupakan penanganan secara aktif. Sedangkan penggunaan secara pasif

dilakukan dengan mengalirkan air asam pada aliran mengandung kapur (Fatmawati, 2009). Penggunaan kapur tohor (CaO) pada saluran keluar (outlet) dari kolam pengendap lumpur dapat menaikkan nilai pH agar sesuai dengan baku mutu lingkungan. Pengapuran tidak hanya dilakukan pada saluran outlet, tapi juga di saluran masuk (inlet) pada kolam pengendapan lumpur. Penambahan kapur tohor yang dilakukan secara terus-menerus dan dosis yang tepat akan menaikkan pH air tambang pada proses penanganan air asam tambang (Rudi, 2012).

Adsorpsi logam berat juga merupakan salah satu cara pengolahan limbah cair. Adsorpsi logam berat dapat dilakukan dengan berbagai jenis adsorben, seperti karbon aktif, biosorben zeolit atau serat liginoselulosik (Suprihatin dan Indrasti, 2010). Kemampuan penyerapan adsorben terhadap larutan dapat dipengaruhi oleh pH larutan yang berkaitan dengan protonasi dan deprotonasi permukaan sisi aktif dari sorben. pH akan berpengaruh pada muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi, spesi yang diserap dalam adsorpsi dan kesetimbangan kimia (Nurhasnani dkk., 2018). Waktu adsorpsi juga mempengaruhi proses adsorpsi karena dalam prosesnya dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan adsorben penyerap zat pencemar (Nuryati dkk., 2018).

Prabawati dkk (2012) telah melakukan penelitian untuk mengkaji kemampuan adsorpsi senyawa turunan polikaliks[6]arena yaitu poli-monoalikaliks[6]arena(2a), poli-monoalilesterkaliks[6]arena(2b) dan poli-monoalilasamkaliks[6]arena(2c) terhadap kation logam berat seperti Cd(II), Cu(II) dan Cr(III). Adanya gugus aktif hidroksi (-OH) dan struktur senyawa yang menyerupai terowongan sangat memungkinkan pemanfaatan senyawa-senyawa tersebut sebagai adsorben logam berat. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode batch pada variasi keasaman (pH), waktu kontak dan konsentrasi awal

ion logam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah ion logam teradsorpsi semakin bertambah dengan bertambahnya pH larutan logam. Untuk ketiga polimer, jumlah ion logam Cd(II), Cu(II) dan Cr(III) masing-masing teradsorpsi optimum pada pH 7, 6 dan 5. Waktu kontak optimum untuk Cd(II) dan Cu(II) adalah 120 menit, sedangkan untuk Cr(III) adalah 60 menit. Kajian kinetika adsorpsi logam menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Cd(II), Cu(II) dan Cr(III) menggunakan polimer 2a mengikuti model kinetika Ho. Sementara itu untuk adsorben 2b dan 2c, kinetika adsorpsi Cd(II) dan Cr(III) juga mengikuti model kinetika Ho sedangkan untuk Cu(II) mengikuti model kinetika Lagergren. Studi isotermal adsorpsi menunjukkan bahwa pola adsorpsi ion logam pada ketiga adsorben cenderung mengikuti pola isotermal Langmuir. Energi adsorpsi ketiga adsorben adalah lebih dari 23 kJ/mol dan polimer 2c memiliki kapasitas adsorpsi terbesar untuk Cr(III).

## **2.4 Transpor Membran Cair**

Teknologi membran cair merupakan teknologi yang saat ini berkembang pesat, membran cair sangat menjanjikan terutama kondisi dimana konsentrasi pelarut relatif rendah dan metode lain tidak dapat diaplikasikan secara efisien. Ekstraksi ion logam dalam sistem membran cair dapat difasilitasi oleh senyawa *carrier* (pengemban), dimana pertukaran ion disatukan dalam fasa membran untuk membawa spesi berdifusi melalui membran menuju fasa target (Leon Guzman, 2004).

Baker (2002) menyebutkan bahwa senyawa *Carrier* berinteraksi dan membantu transpor suatu komponen pada fasa sumber melewati membran menuju fasa target. Pada fasa membran terfasilitasi, membran cair yang mengandung senyawa

*Carrier* memiliki interaksi kimia dengan senyawa yang akan ditranspor. Transpor yang terfasilitasi senyawa *Carrier* biasanya melibatkan membran cair sehingga disebut transpor membran cair. Transpor melalui membran cair terinspirasi dari sistem alami yaitu kemampuan memompa ion secara selektif melalui membran biologis. Pada sistem membran cair yang berupa fasa organik dapat memisahkan dua fasa larutan berair yaitu antara fasa sumber dan fasa target. Teknik membran cair telah banyak digunakan dalam pemisahan berbagai senyawa atau ion logam (Alif dkk., 2001). Ada tiga jenis membran cair, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Membran Cair Ruah (*Bulk Liquid Membrane*)

Tipe membran ini merupakan tipe yang paling sederhana dan berguna dalam beberapa penelitian dasar dalam proses transpor membran cair. Jumlah ion logam yang tertranspor ditentukan dari konsentrasi fasa target. Tipe membran cair ini banyak digunakan dalam pemisahan ion-ion logam dari fasa air, dengan keuntungan antara lain pembuatan dan pelaksanaannya relatif sederhana, penggunaan pelarut relatif sedikit dan bisa digunakan secara berkelanjutan serta mempunyai fluks yang lebih tinggi (Tetra dkk., 2007).

Harimu dkk (2010) telah melakukan penelitian pada tahun 2010 tentang transpor membran cair ion logam Fe(III), Cr(III), Co(II), Ni(II), Co(II) dan Pb(II) menggunakan pengemban ion asam poli(asam eugenil oksiasetat) dan didapatkan hasil bahwa senyawa poli(asam eugenil oksiasetat) hasil sintesis dapat di aplikasikan sebagai pengemban ion untuk pemisahan ion Fe(III), Cr(III), Co(II), Ni(II), Co(II) dan Pb(II). Pemisahan ion logam dengan transpor membran terbaik untuk ion Fe(III) pada pH 4, perbandingan mol pengemban dan mol logam (8,5:1), waktu transpor 36 jam, dan konsentrasi logam yang

masih dapat tertranspor adalah  $0,75-2,5 \times 10^{-4}$  M. Sedangkan untuk ion Cu(II), Pb(II), Ni(II) dan Co(II) mengalami transpor optimum pada konsentrasi  $1 \times 10^{-4}$  M dengan persen transpor masing-masing 38,05%, 39,16%, 5,33% dan 3,08%.

## 2. Membran Cair Emulsi (*Emulsion Liquid Membrane*)

Membran tipe memiliki membran yang sangat tipis dan area permukaan yang luas per volume fasa sumber yang meningkatkan laju transpor dalam membran. Membran cair emulsi atau yang lebih dikenal sebagai membran cair surfaktan adalah suatu membran cair ganda yang esensial (Bartsch dan Way, 1996).

Purnawati dan Setiarso (2006) telah melakukan penelitian tentang ekstraksi ion logam nikel(II) dan tembaga(II) menggunakan teknik membran cair emulsi dan di dapatkan hasil bahwa ekstraksi ion logam nikel(II) dan tembaga(II) dipengaruhi oleh pH larutan. pH optimum sama dengan 5, kation kation nikel yang terekstraksi sebesar 50,4348 % dan kation tembaga sebesar 79,3137 %. Selain pH larutan ekstraksi ion logam nikel(II) dan tembaga(II) juga dipengaruhi oleh lama ekstraksi, pada penelitian ini didapatkan waktu optimum yaitu 10 menit dimana logam nikel(II) yang terekstraksi sebesar 53,7692 % dan logam tembaga(II) sebesar 85,4117 %.

## 3. Membran Cair Berpendukung (*Supported Liquid Membrane*)

Membran cair ini merupakan sistem dengan desain yang sederhana tipe ini sangat berguna pada skala laboratorium, namun tidak dapat diterapkan pada skala industri. Secara umum tipe ini merupakan sebuah membran cair penyerap, dimana pori-porinya diisi dengan cairan organik dengan senyawa *carrier*, kemudian diset antara fasa sumber dan fasa target. SLM dibentuk dengan memenuhi pori-pori yang halus dengan

polimer membrannya dengan ultrafiltrasi yaitu dengan sebuah senyawa *carrier* terlarut pada sebuah pelarut (Bartsch dan Way, 1996).

Menurut Feraz dkk (2007) mekanisme transpor senyawa melewati membran cair dibagi menjadi beberapa tahap:

1. penyerapan pada permukaan fasa sumber.
2. terjadi reaksi kompleks dengan senyawa pembawa (*carrier*).
3. difusi antara senyawa target atau kompleks senyawa target dengan pembawa melewati membran cair.
4. penguraian kompleks pembawa pada permukaan fasa target.
5. pelepasan senyawa target.

Kir dkk (2014) telah melakukan penelitian mengenai transpor ion logam nikel (II) menggunakan membran cair berpendukung dengan *dithiophosphonate* dilarutkan dalam metanol sebagai pengemban ion menggunakan membran mikroporous hidrofobik turunan polivilidena florida (PVDF) sebagai pendukung. Senyawa turunan polivilidena florida (PVDF) menggunakan ligan ion amonium-O-etil (4-metoksifenil) ditiofosponat (L1), amonium-O-propil (4 metoksifenil) ditiofosponat (L2), ammonium-O-isopropil (4-metoksifenil) ditiofosponat (L3) dan ammonium-O-butil (4-metoksifenil) ditiofosponat (L4). Hasil penelitian menunjukkan jumlah transpor maksimum logam nikel(II) pada pH 2, kondisi optimum pada 8 jam pengadukan dan konsentrasi maksimum pengemban ion  $4 \times 10^{-1}$  mol/L.

Proses keseluruhan dari transpor membran meliputi dua tahap yaitu transfer senyawa target melewati dua permukaan yaitu permukaan fasa sumber dan permukaan senyawa pembawa dan difusi melalui membran. Tahap pertama senyawa

target yang telah berdifusi pada fasa sumber bereaksi dengan senyawa pembawa (*carrier*) membentuk kompleks yang selanjutnya akan di transpor melewati membran cair menuju fasa target atau larutan penerima. Selanjutnya kompleks antara senyawa target dan senyawa pembawa terpisah dan senyawa target terlepas menuju fasa target atau larutan penerima, sehingga reaksi ini dapat terjadi secara terus menerus (Ngiem dkk., 2006). Beberapa pengemban ion yang dapat digunakan dalam metode transpor membran diantaranya golongan senyawa eter mahkota, kriptan, kaliks[n]arena dan siklodekstrin (Lindoy, 1990; Izzat dkk., 1983; Bohmer, 1995; Ikeda and Shinkai, 1997; Firdaus dkk., 2007).

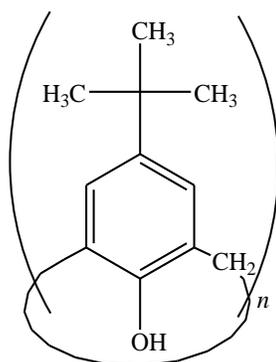
## **2.5 Kaliks[n]Arena**

Kata kaliks[n]arena diambil dari kata *calix*, dari bahasa latin yang berarti piala, karena konformasinya menyerupai piala atau mangkok, sedangkan arena menunjukkan gabungan beberapa cincin aromatik. Senyawa ini dapat berperan sebagai molekul inang (Gutsche, 1998).

Kaliks[n]arena mempunyai kemungkinan untuk dimodifikasi dengan cara yang hampir tak terbataas, baik pada jenis dan jumlah satuan aromatis, jenis jembatan, maupun jenis gugus fungsional. Selain itu, kaliks[n]arena mempunyai geometri yang unik berbentuk seperti keranjang dan berongga, sehingga dapat digunakan dalam sistem *guest-host* (inang-tamu), dengan kaliks[n]arena berperan sebagai *host* dan ion atau molekul lain berperan sebagai *guest*-nya (Linane dan Shinkai, 1994). Berbagai keistimewaan kaliks[n]arena sehingga banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan,

seperti untuk ekstraksi (Sonoda dkk., 1999), sensor, membran (Jain dkk., 2005), fasa diam kromatografi (Suh dkk., 2001), surfaktan dan katalis (Shinkai dkk., 1986).

Kaliks[n]arena merupakan senyawa yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan dan diharapkan dapat memenuhi kriteria bahan kimia sebagai bahan pengemban ion. Kaliks[n]arena yaitu suatu senyawa oligomer siklik yang tersusun dari satuan-satuan aromatis yang dihubungkan oleh suatu jembatan metilen. Memiliki kemungkinan untuk dimodifikasi pada jenis dan jumlah satuan aromatis, jenis jembatan maupun jenis gugus fungsional mempunyai geometri yang berbentuk seperti keranjang dan berongga sehingga dapat digunakan sebagai penjebak molekul atau pengemban ion (Gutsche, 1998). Adapun struktur umum kaliks[n]arena adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.** Struktur kaliks[n]arena (Gutsche, 1998)

Kaliks[n]arena merupakan molekul makrosiklik, seperti halnya eter mahkota, siklodekstrin dan kriptan. Nama kaliks[n]arena pertama kali dikenalkan oleh Gutsche dkk., (1981) untuk oligomer siklik yang diperoleh dari hasil kondensasi formaldehid dan *p*-alkilfenol dalam suasana basa. Struktur umum kaliks[n]arena seperti nampak dalam dalam gambar 1. Simbol *n* menunjukkan derajat kondensasi yang nilainya 4-20. Kata kaliksarena (*calixarene*) diambil dari kata *calix*, bahasa latin yang

berarti piala, karena konformasinya menyerupai piala atau mangkok. Senyawa ini dapat berperan sebagai molekul inang (*host*) bagi molekul netral atau ion sebagai *guest* (Bohmer, 1995; Gutsche, 1998; Levered and Nierlich, 2000). Kaliks[n]arena serta turunannya dapat membentuk kompleks dengan berbagai jenis ion logam. Molekul *p-t*-butilkaliks[n]arena membentuk kompleks 1:1 dengan ion logam alkali dan alkali tanah (Bohmer, 1995; Ikade and Shinkai, 1997; Gutsche, 1998). Beberapa struktur kompleks kaliks[n]arena dengan ion logam alkali dan transisi, baik konformasi *cone*, *partial cone*, maupun *alternate* telah diidentifikasi oleh beberapa peneliti (Ikade and Shinkai, 1997).

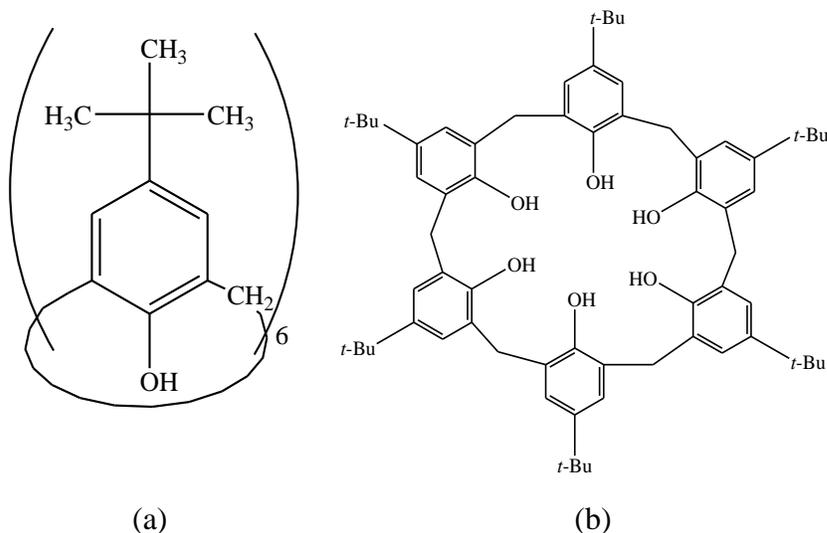
Pembentukan kompleks tamu-inang antara ligan dengan kation sulit di kontrol karena adanya kebebasan konformasi. Alternatif pemecahan masalah ini adalah melangsungkan reaksi di fasa membran dengan teknik transpor ion atau ekstraksi pelarut (Cafeo dkk., 2002).

Selektivitas kaliks[n]arena sederhana atau termodifikasi terhadap suatu ion logam yang berhubungan dengan struktur molekul tergantung pada banyak faktor seperti: derajat kondensasi (*n*), konformasi molekul, sifat gugus fungsi atas dan bawah cincin (Bohmer, 1995; Fanni dkk. 1996). Hasil telah literatur yang dilakukan oleh Bohmer (1995) berkaitan dengan efektivitas kaliks[n]arena terhadap ion logam menyimpulkan sebagai berikut.

1. kaliks[n]arena dengan gugus ester dan keton lebih suka membentuk kompleks dengan ion alkali dibandingkan dengan alkali tanah.
2. selektivitas terhadap ion logam bergantung pada ukuran cincin dan konformasi molekul kaliks[n]arena.

3. kaliks[n]arena dengan gugus tetraester dalam bentuk konformasi *cone* selektif terhadap  $\text{Na}^+$ , sedangkan konformasi lainnya selektif terhadap  $\text{K}^+$ .
4. kaliks[n]arena dengan gugus pentaester (*cone*) menyukai kation berukuran besar, seperti  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$  dan  $\text{Cs}^+$ .

Kaliks[n]arena atau turunannya dapat berperan sebagai pengemban ion logam alkali dan alkali tanah, transisi, lantanida dan beberapa kation logam lainnya, bahkan dapat juga mengemban suatu anion dalam ekstraksi cair-cair atau transpor membran cair. Beberapa hasil penelitian di bawah ini menjelaskan kemampuan kaliks[n]arena dan turunannya sebagai pengemban/ekstraktan ion logam (Bohmer, 1995). Kaliks[6]arena merupakan senyawa turunan Kaliks[n]arena yang memiliki enam cincin fenol. Adapun struktur senyawa Kaliks[6]arena yaitu, sebagai berikut:



**Gambar 3.** (a) Struktur umum senyawa *p-t*-butilkaliks[6]arena (Sassine dkk., 2007); (b) senyawa *p-t*-butilkaliks[6]arena (Gutsche, 1998)

Interkasi yang efektif antara ion logam dan kaliks[n]arena dipengaruhi oleh kesesuaian sifat keras-lunak asam-basa (Moon dkk., 2003) dan kesesuaian ukuran

partikel (Allen dan Koumanova, 2005). Sifat tersebut juga berlaku pada senyawa *p-t*-butilkaliks[6]arena.

Kaliks[n]arena tidak hanya dapat digunakan sebagai pengemban ion logam, tapi juga dapat berperan sebagai pengemban anion dan molekul seperti anion halida, anion karboksilat, *n*-butilamin, heksilamin dan asam aminometilester pada proses transpor membran cair, sebagaimana yang telah dilaporkan oleh Scheeder dkk. (1995), Palizzi dkk. (1998), Mutihac dkk (2000) dan Whang dkk. (2003).

Kation logam berat yang banyak dipelajari meliputi kation logam yang tergolong asam keras seperti,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  dan  $\text{K}^+$ , asam golongan menengah seperti  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  serta logam golongan asam lunak seperti  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Ag}^+$  dan  $\text{Au}^+$ , maka kaliks[n]arena juga disintesis bervariasi dari yang mempunyai gugus basa keras ( $\text{OH}$ ,  $\text{RO}^-$ ,  $\text{AcO}^-$ ,  $\text{RNH}_2$ ), basa menengah ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) dan basa lunak ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ). Selain itu diameter ion logam juga berpengaruh dimana diameter ion logam yang umumnya dipelajari yaitu 1,28-2,6 Å, maka dipilih kaliks[n]arena yang mempunyai kesesuaian ukuran rongga paling baik dibanding kaliks[n]arena lain, diketahui bahwa ukuran rongga kaliks[4]arena, kaliks[6]arena dan kaliks[8]arena berturut-turut adalah sekitar 3,0; 7,6 dan 11,7 Å (Hamilton, 2003)

Batari dkk., (2012) telah melakukan penelitian tentang transpor membran cair yang dikombinasikan dengan elektroplating untuk *recovery* masing-masing logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Ag}^+$  dengan menggunakan *p-t*-butilkaliks[4]arena tetrakarboxilat sebagai pengemban ion. Efisiensi pengendapan logam Cu, Ni dan Ag secara berturut-turut yang dihasilkan sebesar 92,6 %, 95 % dan 92,30 %. Kemudian dilanjutkan oleh Inda (2012)

yang melakukan *recovery* logam Ni dan Cu menggunakan *p-t*-butilkaliks[4]arena-tetrailester dengan efisiensi pengendapan 31,07 % untuk nikel dan 71,8 % untuk tembaga.

Beberapa studi tentang pemanfaatan kaliks[6]arena dan turunannya dapat digunakan sebagai elektroda untuk mendeteksi uranium dalam larutan, dapat digunakan sebagai katalis dalam beberapa reaksi sintesis dan dapat juga digunakan sebagai adsorben logam berat, pewarna atau limbah organik cair (Prabawati dkk., 2012). Induk kaliks[n]arena yaitu *p-t*-butilkaliks[n]arena telah disintesis oleh Gutsche dkk (1981) dari *p-t*-butilfenol. Salah satu senyawanya yaitu *p-t*-butilkaliks[4]arena yang mengandung dua bagian struktur menarik. Pada bagian bawah cincin terdapat empat gugus hidroksil yang posisinya saling berdekatan sehingga dapat digunakan untuk mengikat atau mengemban kation (Izzat dkk., 1983), sedangkan pada bagian atas cincin terdapat rongga hidrofobik yang berpotensi sebagai pengompleks molekul netral (Bauer dkk., 2002; Gutsche, 1985; Loon dkk., 1990). Sifat tersebut juga berlaku pada senyawa *p-t*-butilkaliks[6]arena. Letak perbedaannya yaitu jumlah gugus -OH pada *p-t*-butilkaliks[6]arena ada enam .

Beberapa penelitian mengenai penggunaan senyawa *p-t*-butilkaliks[6]arena dan telah dilakukan Minhas dkk., (2010) mempelajari efektifitas transpor Pb(II) melalui metode membran cair dengan derivat kaliks[6]arena heksaeter sebagai pengemban ion. Hasil yang diperoleh adalah efektivitas dipengaruhi oleh suhu, konsentrasi pengemban ion, kecepatan pengadukan dan jenis pelarut yang digunakan. Sassine dkk. (2007) melakukan penelitian menggunakan *p-t*-butilkaliks[6]arena sebagai pengompleks  $\text{NH}_4\text{OH}$ , ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{NH}_4^+$ . Hasil yang diperoleh yaitu kompleks *p-t*-

butilkaliks[6]arena dengan  $\text{NH}_4^+$  diperoleh perbandingan 1:1, 2:1 dan 3:1, kompleks  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan ion  $\text{Na}^+$  dengan perbandingan 1:1:1, 2:1:1 dan 3:1:1.