

LAPORAN
PENELITIAN MANDIRI



SINTESIS SENYAWA P-TERT.BUTYLKALIKS[4]ARENA
DAN PENGGUNAANYA UNTUK PENJERAP
KATION LOGAM BERAT

PENGUSUL

Drs. Busroni, MSi
0015055916

UNIVERSITAS JEMBER

30 NOV 2016

LAPORAN
PENELITIAN MANDIRI



SINTESIS SENYAWA P-TERT.BUTYLKALIKS[4]ARENA
DAN PENGGUNAANYA UNTUK PENJERAP
KATION LOGAM BERAT

PENGUSUL

Drs. Busroni, MSi
0015055916

UNIVERSITAS JEMBER

30 NOV 2016

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN MANDIRI

1. Judul : Sintesis Senyawa p-Tert.Butilkaliks[4]arena dan Penggunaannya Untuk Penjerap Kation Logam Berat
2. Ketua Tim
- a. Nama : Drs. Busroni, Msi
- b. NIDN : 0015055916
- c. Jabatan / Gol. : Lektor Kepala / IV-A
- d. Program Studi : Kimia
- e. Nomor HP : 081803516287
- f. Alamat Surel : bush_yogyakarta@yahoo.com
3. Lokasi Kegiatan : Lab. Kimia Organik-FMIPA, Univ. Jember
4. Lama Penelitian : 7 (tujuh bulan) Mei s/d November 2016
5. Biaya Total : Rp. 10.000.000,- (sepuluh juta rupiah)
(Sumber Dana Mandiri)

Jember, 30 NOV 2016

Mengetahui,
Ketua FMIPA UNEJ

Dede Puspito, Ph.D
NIP. 196102041987111001

Ketua Tim



Drs. Busroni, MSi
NIP. 195905151991031007

Menyetujui,
Ketua LEMBIT Universitas Jember


Prof. Dr. Achmad Subagio
NIP. 196905171992011001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN PENELITIAN	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.3.1 Tujuan Umum Penelitian	2
1.3.2 Tujuan Khusus Penelitian	2
1.3.3 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kaliksarena	4
2.2 Penomoran Kaliksarena	6
2.3 Logam Berat	7
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Landasan Teori	9
3.2 Hipotesis	10
3.3 Rancangan Penelitian	11
BAB IV METODA PENELITIAN	12
4.1 Bahan Penelitian	12
4.2 Alat Penelitian	12
4.3 Prosedur Percobaan	13
4.4 Preparasi Larutan Kation Logam Pb^{2+}	14
4.5 Penentuan pH Optimum Adsorpsi Kation Logam Pb^{2+}	14
4.9 Jadwal Penelitian	15
BAB V 5.1 Hasil dan Pembahasan	

Ringkasan Penelitian

Oleh:

Drs. Busroni, MSi

Senyawa Tert-butilkaliks[4]arena adalah senyawa target dalam penelitian ini. Senyawa tert-butilkaliks[4]arena akan difungsikan sebagai adsorben dan digunakan sebagai bahan penjerap kation logam (ion Pb^{2+}). Rencana dalam penelitian ini akan mensintesis senyawa tert-butilkaliks[4]arena melalui reaksi kondensasi dan reaksi siklisasi. Adapun senyawa 5,11,17,23-tetra-tert-butil-25,26,27,28-tetrahidroksikaliks[4]arena dilakukan karakterisasi dengan spektroskopi IR, 1H -NMR 400 MHz, Senyawa Tert-butilkaliks[4]arena akan digunakan untuk studi penjerapan kation Pb^{2+} pada berbagai variasi pH-6

Kata kunci : Tert-butilkaliks[4]arena, adsorben, adsorpsi, variasi pH.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Banyak upaya telah dilakukan untuk mengurangi konsentrasi kation logam berat, karena dilandasi oleh sejumlah fakta tentang akibat yang ditimbulkan oleh keberadaan kation logam berat, khususnya di perairan. Beberapa metode yang telah dikembangkan seperti: metoda ekstraksi/penjerapan, telah dilaporkan untuk mengatasi masalah lingkungan khususnya adanya polutan pada perairan serta mengatasi pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi ini maka telah dibuatlah senyawa kaliksarena dan beberapa turunan kaliks[4]crown, material kaliks[4]crown dapat diaplikasikan sebagai adsorben/ penjerap, khususnya untuk menghilangkan senyawa bahan-bahan organik dan anorganik dalam media air (Takimoto Tatsuya, Kyoto Univ./ <http://sciencelinks.JP/J.east/article/2005>).

Sebagai konsekuensinya kehadiran kation logam berat perlu dipisahkan atau dieliminasi atau dihilangkan keberadaannya atau dikurangi konsentrasinya sebelum kation logam berat dimasukkan atau masuk ke dalam rantai makanan (Roundhill, 2004). Racun oleh timbal sangatlah berpengaruh pada anak-anak, disebabkan cat banyak digunakan pada rumah tinggal dan jika logam ini berada dalam darah sampai 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ dapat berpengaruh terhadap kecerdasan seseorang (reading disabilities) (Roundhill, 2004). Metoda adsorpsi telah terbukti efektif untuk mengurangi konsentrasi logam di perairan seperti yang telah dilaporkan oleh berbagai penelitian, diantaranya dengan menggunakan berbagai adsorben polimer propilkaliks[4]arena yang mana telah dapat digunakan untuk mengadsorpsi kation logam Pb(II) (Utomo, 2007).

Konsentrasi Pb dalam perairan tidak tergantung pada musim, tetapi pada kedalamannya. Ion timbal yang terdapat dalam air dapat masuk ke dalam tubuh ikan dan hewan air lainnya. Umumnya kadar alami Pb dalam air adalah 0,03 $\mu\text{g}/\text{mL}$ di air laut dan 0,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ di air sungai.

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antar molekul atau interaksi kimia atau suatu akibat dari gaya pada permukaan padatan yang menarik molekul gas atau

cairan. Senyawa kaliksarena merupakan objek penelitian yang luas dan mempunyai kapasitas untuk membentuk kompleks dengan variasi tamu (kation logam) dan karena mempunyai gugus fungsi selektif, penggunaannya sangat luas serta memiliki banyak keunggulan salah satunya dapat dikembangkan pada senyawa makrosiklis dalam pengetahuan supramolekul.

Berdasarkan uraian tersebut maka pada penelitian ini akan disintesis senyawa tert-butilkaliks[4]arena yang akan difungsikan sebagai penjerap kation logam berat

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari beberapa fakta yang telah dipaparkan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis senyawa tert-butilkaliks[4]arena seperti pada Gambar 2.8. Keunggulan dari penelitian ini adalah senyawa tert-butilkaliks[4]arena diharapkan bermanfaat sebagai adsorben. Sejauh pelurusan peneliti bahwa senyawa tert-butilkaliks[4]arena yang menjadi senyawa target sintesis dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai senyawa adsorben, serta dapat diaplikasi sebagai bahan penjerap kation logam berat khusus kation logam Pb(II).

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini adalah mengkaji pembuatan dan karakterisasi senyawa tert-butilkaliks[4]arena dan penggunaannya sebagai penjerapan kation logam berat.

1.3.2 Tujuan penelitian :

1. Mensintesis senyawa adsorben baru yaitu: tert-butilkaliks[4]arena dan dipergunakan sebagai bahan penjerap kation logam berat Pb^{2+}
2. Melakukan Karakterisasi senyawa target menggunakan spektroskopi FTIR, 1H -NMR 400 MHz, titik leleh
3. Melakukan kajian kemampuan penjerapan senyawa tert-butilkaliks[4]arena-dendrimer dan sebagai penjerap kation logam berat, Pb^{2+} , Memberikan

informasi tentang senyawa makromolekul khususnya senyawa tert-butylkaliks[4]arena sebagai bahan penjerap yang relatif baru dan dimungkinkan menjadi acuan dasar untuk pengembangan IPTEK dalam bidang material adsorben organik khususnya industri kimia.

4. Terciptanya atmosfer akademik yang kondusif.

1.3.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diberikan dari penelitian antara lain:

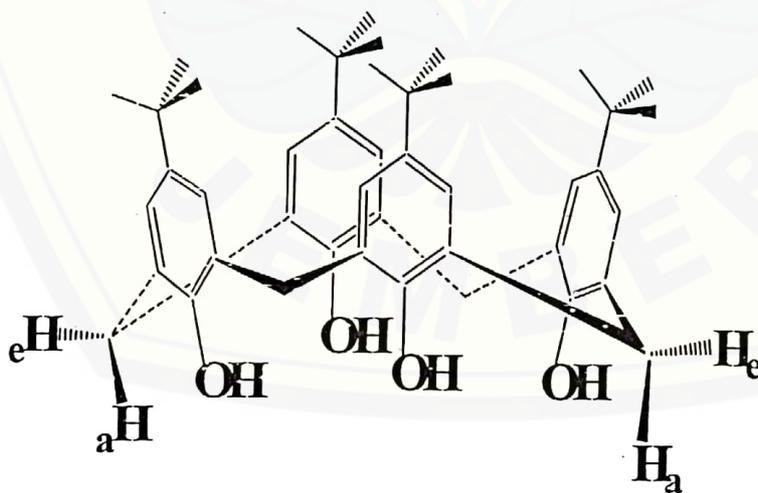
1. Senyawa tert-butylkaliks[4]arena-dendrimer, merupakan senyawa makromolekul dengan multiligan dan dapat berinteraksi dengan kation membentuk senyawa kompleks sehingga senyawa ini dapat dimanfaatkan sebagai penjerap kation logam, dampak secara luas, senyawa tert-butylkaliks[4]arena-dendrimer adalah material sorbent yang relatif baru dan dapat diaplikasikan untuk penjerapan dalam pengendalian lingkungan yang mengandung polutan kation logam berat.
2. Metoda penjerapan dengan pengadukan menggunakan tert-butylkaliks[4]arena sebagai bahan penjerap untuk menghilangkan logam berat, dan dapat dilakukan regenerasi.
3. Memberikan informasi tentang multifungsi senyawa makromolekul khususnya senyawa tert-butylkaliks[4]arena sebagai penjerap atau adsorben organik dan dimungkinkan menjadi acuan dasar untuk pengembangan IPTEK dalam bidang material adsorben organik.
4. Terciptanya iklim akademik yang kondusif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kaliksarena

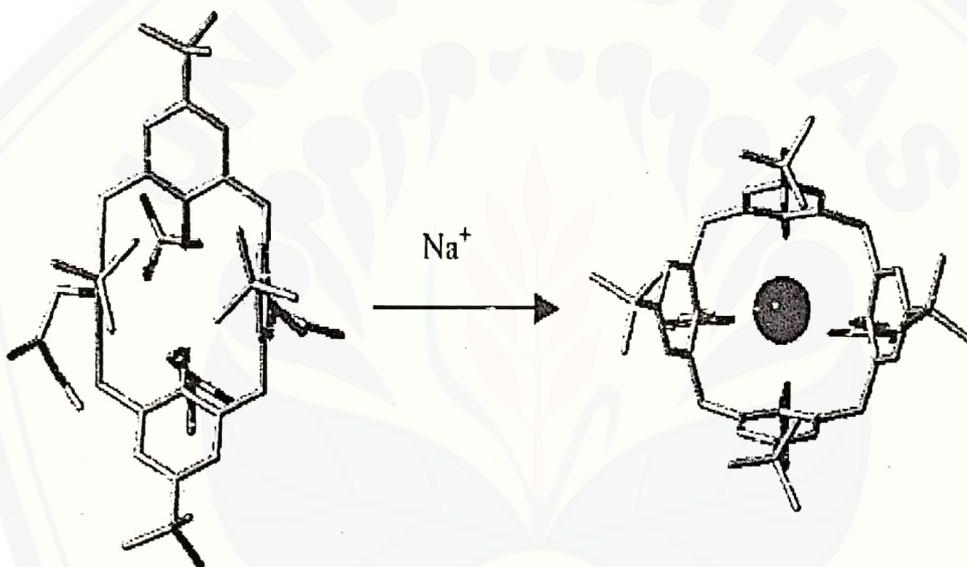
Kaliksaren adalah senyawa makrosiklik yang terdiri dari unit-unit fenolik yang dihubungkan oleh jembatan metilen, membentuk rongga hidrofobik yang mampu membentuk kompleks dengan molekul ataupun kation. Kaliksaren berasal dari bahasa Yunani yaitu kaliks berarti pot atau mangkok dan arene menunjukkan jumlah cincin fenolik yang dihubungkan dengan jembatan metilen. Senyawa kaliksarena adalah berbentuk oligomer siklik dari fenol dan dapat menerima bermacam – macam bentuk konformasi dan rongga yang bersifat hidrofobik/takut air. Kaliksarena dapat ditata ulang atau dimodifikasi dengan mengembangkan gugus fungsi pada cincin aromatik atau pada gugus fenol dan secara berturut turut adalah bagian *upper rim* dan *lower rim* pada kaliksarena. Sebagai contoh, sebuah siklik tetramer diturunkan dari p-tert-butilfenol dinamakan p-tert-butilkaliks[4]arena, tetapi secara sistematis diberi nama 5,11,17,23-tetra-tert-butilkaliks[4]arena-25,26,27,28-tetrol. Seri kaliks[4]arena dengan heteroatom, berbeda substituen dan gugus aromatik akan berbeda kedudukan aromatiknya. Struktur p-tert.butilkaliks[4]arena seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur: p-tert.butilkaliks[4]arena

Kaliksaren dapat diderivatisasi dalam hal ukuran rongga dan gugus fungsi, sehingga dapat digunakan untuk berinteraksi dengan kation membentuk kompleks. Struktur kaliksaren berbentuk rongga silindris dan tajam, dimana sisi rongga yang lebih lebar pada bagian atas dan sisi rongga yang lebih sempit pada bagian bawah, struktur kaliksaren yang banyak diderivatisasi adalah kaliks[4]arena, kaliks[6]arena, dan kaliks[8]arena, dengan ukuran rongga berturut-turut adalah 0,8 Å, 2,0 – 2,9 Å, dan 4,5 Å (Gutschee, 1989).

Gambar 2.2 berikut menjelaskan proses penjerapan dalam bentuk kompleks antara ion Na^+ dengan p-tert-butilkalix[4]arena (Gabauer, 1998)



Gambar 2.2 Penjerapan ion Na^+ oleh p-tert-butilkaliks[4]arena (Gabauer, 1998)

Kaliks[4]arena dapat berada dengan 4 bentuk konformasi yaitu: (a) *Cone*, (b) *partial Cone*, (c) *1,2-alternate* dan (d) *1,3-alternate* seperti pada Gambar 2.12, berikut:

Hasil kajian Utomo (2007) tentang tingkat kestabilan konformasi pada senyawa kaliks[4]arena diperoleh melalui optimasi geometri dari senyawa 25,26,27,28-tetrahidroksikaliks[4]arena dengan energi kestabilan total secara berturut turut yaitu konformasi kerucut (*cone*), konformasi 1,2-berselang (*1,2-alternate*), konformasi kerucut sebagian (*partial cone*), dan konformasi 1,3-berselang (*1,3-*

alternate) adalah 24,65 kkal/mol, 42,24 kkal/mol, 39,04 kkal/mol, dan 35,75 kkal/mol. Hasil kajian No et al. (1994), dijelaskan bahwa bentuk konformasi stabil turunan p-tert-butilkalis[4]arena didasarkan analisis spektrum HNMR seperti pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 H-NMR dari konformasi p-tert.butilkalis[4]arena-tetraester (sumber No, *et al.*, 1994 dan Maming, 2008)

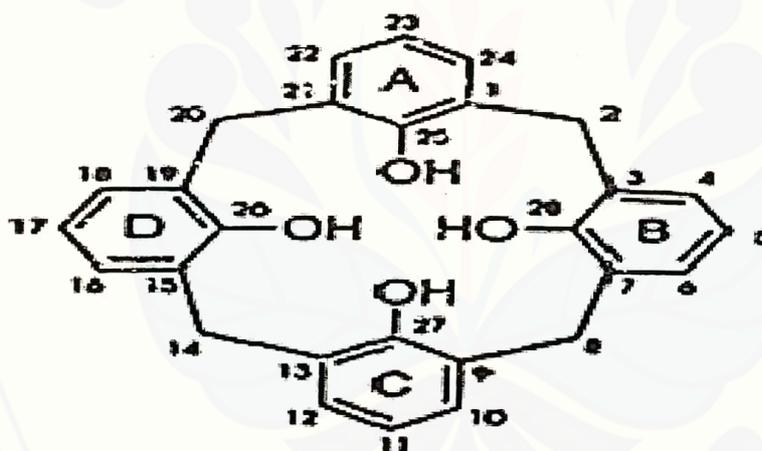
Senyawa	H-NMR			Konformasi
	Ar-H	Ar - CH ₂ - Ar	Tert. Butil	
1	satu singlet	sepasang doublet	satu singlet	Cone (Maming, 2008)
2	satu singlet	sepasang doublet	satu singlet	cone
3	satu singlet	sepasang doublet	satu singlet	cone
4	satu singlet	sepasang doublet	satu singlet	cone

Pada Tabel 2.1 dapat dijelaskan bahwa bentuk konformasi stabil turunan tetraester-tert-butil.kalis[4]arena yaitu senyawa 5,11,17,23-tetra-tert-butil-25,26,27,28-tetra(etoksikarbonil metoksi)kalis[4]arena/ senyawa (1) pada Gambar 2.14 (Maming, 2008), bentuk konformasi cone berdasarkan Tabel 2.1 adalah Ar-H satu singlet, Ar-CH₂-Ar sepasang doublet dan C(CH₃)₃ satu singlet, untuk senyawa 5,11,17,23-tetra-tert-butil-25,26,27,28-tetraetoksikaliks[4]arena/senyawa (2) pada Gambar 2.14 (No *et al.*, 1994), bentuk konformasi *cone* berdasarkan Tabel 2.1 adalah Ar-H satu singlet, Ar-CH₂-Ar sepasang doublet dan C(CH₃)₃ satu singlet, untuk senyawa 5,11,17,23-tetra-tert-butil-25,26,27,28-tetrapropiloksikaliks[4]arena/senyawa (3) pada Gambar 2.14, (No *et al.*, 1994), bentuk konformasi cone berdasarkan Tabel 2.1 adalah Ar-H satu singlet, Ar-CH₂-Ar sepasang doublet dan C(CH₃)₃ satu singlet, untuk senyawa 5,11,17,23-tetra(t-butil)-tetra(tert-butiloksi)kalis[4]arena /senyawa (4) pada Gambar 2.14 (No *et al.*, 1994), bentuk konformasi cone berdasarkan Tabel 2.1 adalah Ar-H satu singlet, Ar-CH₂-Ar sepasang doublet dan C(CH₃)₃ satu singlet (No *et al.*, 1994)

2.2 Penomoran Kaliks[4]arena

Struktur kaliksarena dapat diderivatisasi dalam hal ukuran rongga dan gugus fungsi pada bagian atas maupun bagian bawah untuk menghasilkan senyawa yang secara analitis selektif membentuk kompleks. Struktur kaliksarena berbentuk rongga silindris dan tajam, dimana sisi rongga lebar pada bagian atas (*Upper rim*) dan sempit pada bagian bawah (*Lower rim*), Hamilton (1995). Jembatan metilen di antara cincin fenol dapat berotasi sehingga kaliksarena memiliki bentuk konformasi yang berbeda-beda. Seperti pada p-tert-butilkalis[4]arena lebih sering diasumsikan memiliki konformasi kerucut, kerucut sebagian, 1,2-berselang dan 1,3-berselang (Shinkai, 1997).

Struktur dasar kaliks[4]arena mempunyai tatanama penomoran tersendiri didasarkan dari urutan atom C. Kaliks[4]arena, kaliks[6]arena, kaliks[8]arena tergolong senyawa makromolekul seperti pada Gambar 2.15 berikut:



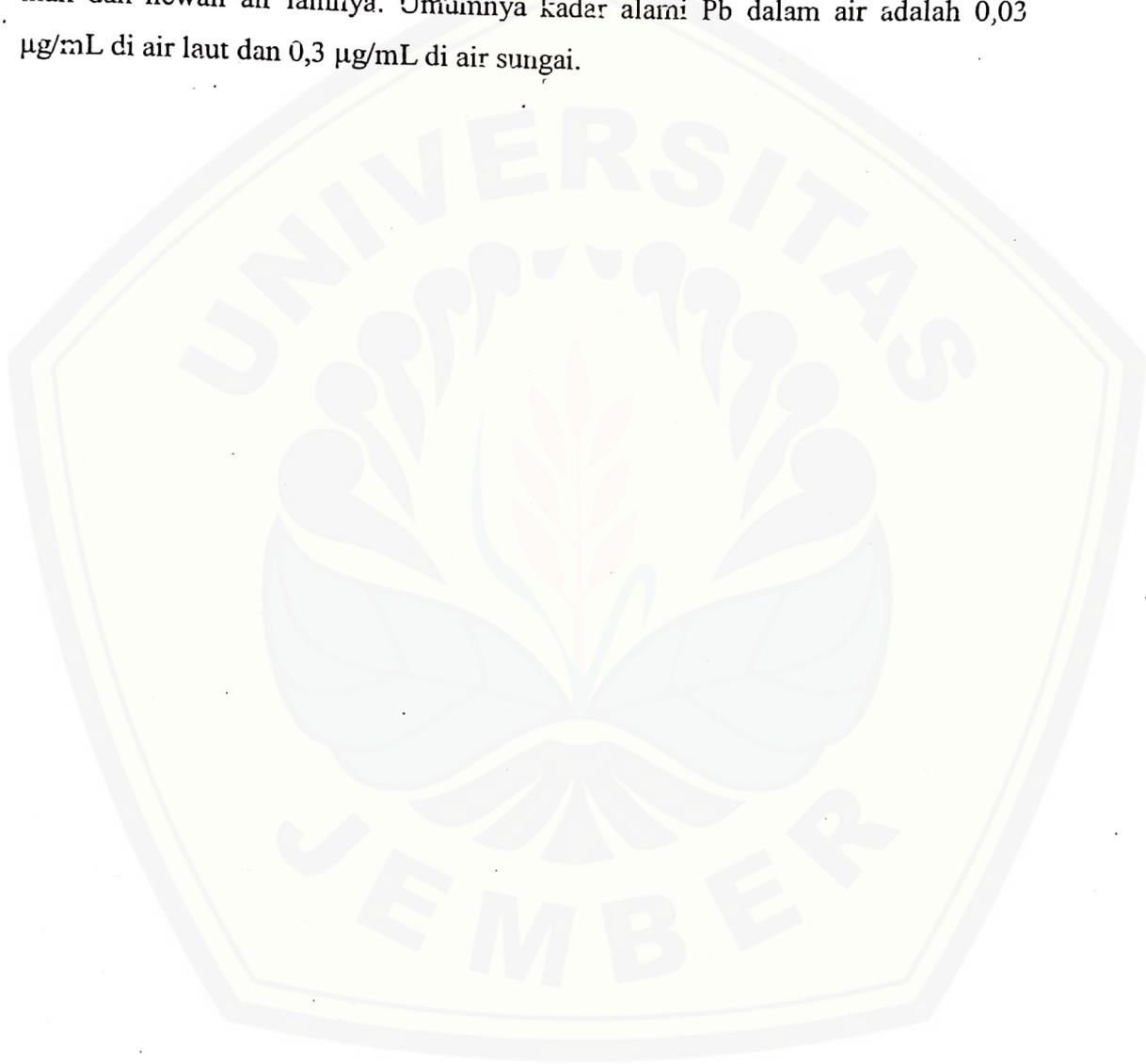
Gambar 2.3 Model gambar penomoran berturut turut adalah: kaliks[4]arena-25,26,27,28-tetrol (sumber: Gutsche Kaliksarene in Monographs in Supramolecular Chemistry; Stoddart, J. F., Ed.; Royal Society of Chemistry: Cambridge; (1989).)

2.3 Logam Berat

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 , terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 4 sampai 7. Selama beberapa tahun terakhir, metode analisis untuk senyawa atau

logam berat, menjadi suatu tantangan serius seperti kespesifikan, selektifitas serta keakuratan yang sangat diutamakan. Shamsipur (2004) menjelaskan bahwa salah satu dari pencemaran atau polusi kimia adalah logam berat, beberapa peneliti mengakui masalah-masalah lingkungan disebabkan oleh keracunan logam berat.

Konsentrasi Pb dalam perairan tidak tergantung pada musim, tetapi pada kedalamannya. Ion timbal yang terdapat dalam air dapat masuk ke dalam tubuh ikan dan hewan air lainnya. Umumnya kadar alami Pb dalam air adalah 0,03 $\mu\text{g}/\text{mL}$ di air laut dan 0,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ di air sungai.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Landasan Teori

Kaliksaren dapat membentuk kompleks dengan jenis senyawa aromatik dalam larutan polar non-air. Senyawa kaliksaren berbentuk basket sangat berpotensi sebagai host-guest. Dalam hal ini senyawa kaliksaren berkemampuan sebagai penjepit molekul organik. Senyawa kaliksaren dapat disintesis serta diderivatisasi pada "*Lower Rim*", oleh karena itu bagian upper rim pada kaliksaren merupakan bagian yang lambat untuk dikembangkan. Kestabilannya dapat meliputi seluruh molekul dalam bentuk padatan dan jelas terbukti untuk masukan kompleks kaliksaren dalam larutan dan sebagian besar meliputi bagian takut akan air dengan sifat relatif non polar pada rongga kaliksaren dan hanya beberapa kompleks dalam pengoroplekan dengan molekul netral. Hal ini diperlihatkan oleh beberapa turunan kaliksaren yang mempunyai kemampuan untuk mengikat substrat non polar di dalam larutan polar non aquaeous dan sebagai pemacu interaksi kompleks dengan lipofilik.

Kebanyakan senyawa makrosiklis dapat dikembangkan sebagai supramolekul, serta kombinasi beberapa konsep-konsep dendrimer. Kaliksaren dapat memberikan alasan penting tentang kelas baru untuk ditingkatkan sebagai dendrimer serta dapat disintesis melalui reaksi yang sederhana serta dapat diakui sebagai senyawa supramolekul yaitu: (1). Senyawa kaliksaren mempunyai dua sifat yaitu bagian tidak suka air dan bagian suka air, (2). Mudah dilakukan modifikasi, (3). Mempunyai kemampuan dalam pembentukan kompleks dengan jenis tamu (kation atau anion) dan selektif terhadap gugus fungsi, (4). Memperkuat penggunaan dalam kontruksi arsitektur seperti kalikscrown, kalikskriptand, kaliksperand, dan kalikskavitand. Penerapan kaliksaren sudah cukup luas yaitu diantaranya sebagai bahan katalis, surfaktan, material sensor, elektronik moses, sensor ion selektif, industri potografi, toner, stabilizer film, adsorben logam berat, fasa diam kromatografi, industri kosmetik, membran, dan sebagai agen ekstraksi.

Utomo (2007), melaporkan sintesis senyawa polipropilkaliks(4)arena dari reaksi polimerisasi 25-allyloksi-26,27,28-trihidroksikaliks(4)arena dan senyawa tersebut dapat digunakan sebagai bahan pengadsorpsi kation Pb^{2+}

Monoalkilasi juga telah dilakukan oleh Groenen *et al.* (1997), untuk mendapatkan turunan senyawa mono(etoksikarbonil metoksi)kaliks[4]arena dengan cara merefluks selama 50 jam campuran senyawa p-tert-butilkaliks[4]arena dengan etil-2-kloroasetat, K_2CO_3 , CH_3CN , diperoleh rendemen 61% dan titik leleh 275-276 °C.

3.2 Rancangan Penelitian

1. Mereaksikan p-tert-butilfenol dengan formaldehida dan NaOH menurut prosedur yang telah dilakukan (Gutsche *et al.* 2005) untuk menghasilkan senyawa 5,11,17,23-tetra-tert-butil-25,26,27,28-tetrahidroksikaliks[4]arena dengan titik lebur 340-342 °C.
2. Melakukan interpretasi data hasil pengamatan studi pengaruh pH larutan terhadap konsentrasi kation logam (Pb^{2+}) yang teradsorpsi oleh tert-butilkaliks[4]arena

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang menggambarkan seluruh Penelitian Disertasi disajikan dalam bagan metode Penelitian Disertasi Doktor yang terdiri atas lima tahapan, yaitu:

Sintesis monomer (1) 5,11,17,23-Tetra-tert-butil-25,26,27,28-tetrahidroksi kaliks[4]arena;

Karakterisasi senyawa menggunakan:

Spektroskopi: FTIR, $^1\text{H-NMR}$ 400 MHz, Titik leleh

Kajian sebagai bahan penjerap/ adsorben kation logam:

Adsorpsi dengan (variasi: pH)

4.1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini meliputi:

p-tert-butilfenol p.a. (Merck); formaldehida 37% p.a. (Merck); NaOH p.a. (Merck); KOH p.a. (Merck); HCl p.a. (Merck); NaHCO_3 , p.a. (Merck); K_2CO_3 , p.a. (Merck); Asetonitril p.a. (J.T Baker); Difenileter p.a. (Merck); Timbal nitrat p.a. (Merck); Metanol p.a. (Merck); gas Nitrogen; Na_2SO_4 anhidrous; Kloroform p.a. (Merck); Aceton p.a. (Merck); akuades bidest laboratorium Kimia Dasar FMIPA-UGM, Lokasi penelitian Laboratorium Kimia Organik, FMIPA - UGM, Yogyakarta

4.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan: alat-alat gelas laboratorium, penangas es, pengaduk magnet, satu set alat refiuks, penangas listrik, lemari asam, penyaring Buchner, timbangan analitis (Libror EB-30 Shimadzu), satu alat Dean-Stark; desikator, evaporator Buchii (R-124), termometer 250°C , pendingin bola, kolom kromatografi, alat penentu titik lebur (Electrothermal-9100), spektrofotometer inframerah (FTIR, Shimadzu-8201PC), spektrometer $^1\text{H-NMR}$ 400 MHz, spektrofotometer serapan atom .

4.3. Prosedur Percobaan

4.3.1 Sintesis: 5,11,17,23-tetra(tert-butyl)-25,26,27,28-tetrahidrosikaliks[4] arena, Berdasarkan Modifikasi Metode: Gutsche *et al.* (2005)

Padatan (menggunakan Prosedure Gutsche at al, (2005) sebagai precursor, dihaluskan dengan mortar (atau langsung dilarutkan dengan difenil eter 100 mL) dan dipindahkan ke dalam gelas labu leher tiga berkapasitas 500 mL, lalu dilengkapi dengan 100 mL difenil eter. Isi labu diaduk dan dipanaskan dengan penangas pasir pada 120 °C dengan sedikit membuka tutup karet untuk menghilangkan uap air yang terbentuk padatan coklat muda. Ketika pelepasan uap air telah selesai dan padatan mulai terbentuk sekitar 2 jam, gelas labu yang dilengkapi dengan pendingin bola dan pemanasan dinaikkan menjadi 160 °C selama 25 menit (tutup labu sedikit dibuka) reaksi berjalan dalam lemari asam, selanjutnya pada suhu refluks (240 °C) selama 4 jam dan di didiamkan selama 30 menit padatan mulai terbentuk. Campuran reaksi didinginkan hingga suhu kamar dan ke dalam campuran ditambahkan 400 mL etil asetat dan diaduk selama 20 menit hingga padatan yang terbentuk mengendap di dasar labu. Padatan disaring dengan penyaring Buchner, lalu dicuci 2 x dengan 25 mL etilasetat; 1x dengan 10 mL asam asetat; 2 x dengan 100 mL air dan 2 x dengan 25 mL aseton, hingga diperoleh kristal putih.

Kristal direkristalisasi dengan melarutkan ke dalam kloroform 50 mL dan dipanaskan kira-kira menjadi setengah kemudian dibiarkan dalam suhu kamar akan menghasilkan kristal murni berwarna padatan berwarna putih. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi dengan ¹H-NMR 400 MHz, FTIR dan dengan penentuan titik leleh.

4.4 Preparasi larutan kation logam Pb²⁺

4.4.1 Preparasi larutan kation Pb²⁺

Sebelum digunakan membuat larutan Pb²⁺ 100 mg/L, serbuk Pb(NO₃)₂ dikeringkan terlebih dahulu pada suhu 110 °C selama 60 menit, kemudian dimasukkan dalam desikator hingga mencapai suhu kamar. Larutan induk Pb²⁺ 100 mg/L dibuat dengan cara melarutkan 0,15985 g timbal nitrat {Pb(NO₃)₂} ke

dalam sekitar 300 mL larutan 1% (v/v) HNO₃ pada labu 1000 mL. Selanjutnya ditambahkan larutan 1% (v/v) HNO₃ sampai tanda batas pada ukuran labu 1000 mL

4.5 Penentuan pH optimum adsorpsi kation logam (Pb²⁺)

Disiapkan seri larutan kation logam (Pb²⁺) 4 ppm masing masing 5 mL dengan pH 3, 5, dan 8 ke dalam seri larutan masing masing ditambahkan 0,005 g Penta-tert.butilkaliks[4]arena. Larutan diaduk selama 3 jam pada temperatur ruang, juga disiapkan larutan blanko dengan perlakuan pengadukan yang sama. Padatan kemudian disaring dan cairannya ditentukan konsentrasi kation logam dengan yang tersisa dalam larutan sampel. Konsentrasi kation logam (Pb²⁺) yang diserap oleh penta-tert.butilkaliks[4]arena dihitung dari selisih konsentrasi awal dengan konsentrasi tersisa dalam larutan sampel. Penentuan konsentrasi kation logam (Pb²⁺) dalam larutan ditentukan dengan menggunakan metode spektroskopi serapan atom (AAS), pH optimum adsorpsi adalah kondisi pH dimana terjadi penjerapan kation logam (Pb²⁺) paling besar.

Kemampuan adsorpsi ion Pb(II) adalah $Q = (C_0 - C)/C$

Dimana: C₀ dan C adalah konsentrasi awal dan akhir (mg/L)

4.6 Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Tahun ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Persiapan Alat dan Bahan	■	■	■				
2	Sintesis : 5,11,17,23-Tetra-tert.butil-25,26,27,28-tetrahidroksikaliks[4]arena	■	■	■	■	■	■	■
3	Karakterisasi Hasil : FTIR; ¹ H-NMR 400 MHz ; AAS			■				
4	Preparasi larutan kation (Pb ²⁺)				■			
5	Pengolahan Data					■	■	■

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Sintesis tb-kaliks[4]arena

5.1.1 Karakterisasi hasil dengan NMR 400 MHz dan FTIR

Senyawa tb-kaliks[4]arena disintesis mengikuti prosedur yang dilaporkan mengikuti [1]. Rekristalisasi dilakukan dengan campuran Kloroform-metanol, rendemen 46,07% berupa padatan Kristal putih, mp. 342-345^oC, IR spectra menggunakan SHIMADZU PRESTIGE 21 spectrometer, FTIR (KBr/ cm⁻¹), VOH 3232,70 cm⁻¹, VC=C 3055,24 cm⁻¹ and 1604,77 cm⁻¹, VCH₂ 1458,18 cm⁻¹, VCH₃ 1365,6 cm⁻¹. H-NMR spectra menggunakan AGILENT Varian NMR 400 MHz Proton Resonansi Nuclear Magnetic Spectrometer, ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃). 4,3848: 4,3805 and 3,4124; 3,4816 (two pairs of d, 8H, ArCH₂Ar, J=13 Hz and J=14 Hz), pergeseran proton yang sangat khas untuk senyawa TBKA.

5.1.2 Preparasi larutan kation Pb²⁺

Sebelum digunakan untuk membuat larutan Pb²⁺ 100 mg/L, serbuk Pb(NO₃)₂.4H₂O dikeringkan terlebih dahulu pada suhu 110 °C selama 60 menit, kemudian dimasukkan dalam desikator hingga mencapai suhu kamar. Larutan induk Pb²⁺ 100 mg/L dibuat dengan cara melarutkan 0,195 g timbal nitrat {Pb(NO₃)₂.4H₂O} ke dalam sekitar 300 mL larutan 1% (v/v) HNO₃ pada labu 1000 mL. Selanjutnya ditambahkan larutan 1% (v/v) HNO₃ sampai tanda batas pada ukuran labu 1000 mL

5.1.3 Data percobaan menggunakan AAS

Tabel. 5.1 Pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi dan kapasitas adsorpsi Pb(II) dengan adsorben TBKA

pH	Co g/L	Ca (mg/L)	C _{teradsorp} (mg/L)	C _{teradsorp} (mmol/g)x10 ⁻²	% adsorp	Kapasitas Adsorpsi mg/g
2	7.68	4.52	3.16	1.52	41.14	6.32
3	6.94	5.86	1.08	0.52	15.56	2.16
4	7.68	5.61	2.07	0.99	26.95	4.14
5	7.68	2.42	5.26	2.54	68.49	10.52
6	7.36	5.96	1.4	0.67	19.02	2.88

pH Optimum untuk kation Pb – TBKA pH = 5

$$\text{Kapasitas Adsorpsi} = \{(C_0 - C_a) \cdot V\} / W$$

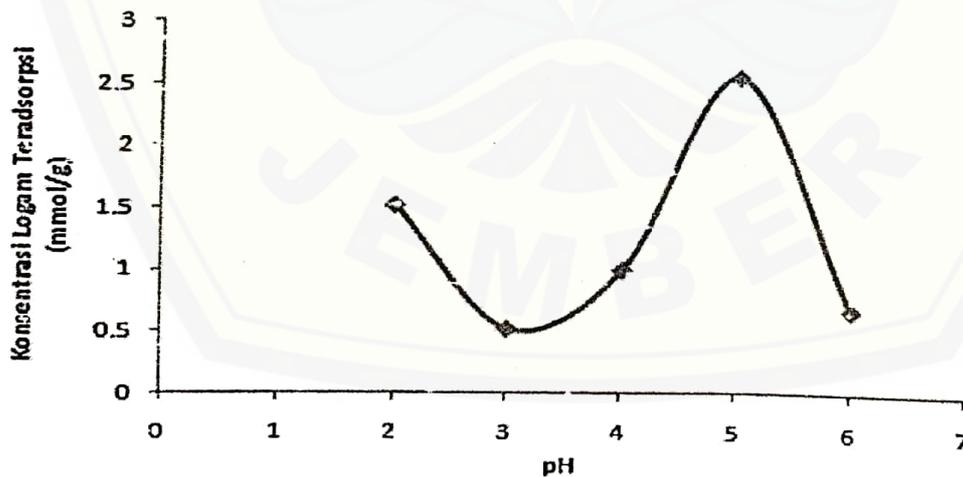
$$\begin{aligned} (\text{pada pH}=5) &= \{(7,68 \text{ mg/L} - 2.42 \text{ mg/L}) \times 10 \text{ mL}\} / 0,005 \text{ g} \\ &= \{(0,00526 \text{ mg/mL}) \times 10 \text{ mL}\} / 0.005 \text{ g} \\ &= 10,52 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Pada Tabel 5.1 di atas terlihat bahwa variasi nilai pH (perbedaan tingkat keasaman) akan memberikan perbedaan jumlah kation Pb(II) yang teradsorpsi. Dalam hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan sedikit yaitu keasaman sangat berpengaruh dalam proses adsorpsi kation Pb(II) oleh TBKA. Pada pH=2 terlihat jumlah kation Pb(II) yang dapat teradsorpsi relatif sedikit yaitu 0,0152 mmol.g⁻¹, sedangkan pada adsorbat pada pH=3 dan pH=4 ada begitu juga pada penurunan sedikit yang dapat teradsorpsi yaitu 0,0052 mmol.g⁻¹ hal ini dikarenakan pada pH 3 dan pH=4 terjadi persaingan antara ion H⁺ terjadi persaingan keta kation Pb(II) yaitu 0.0099 dan ion H⁺ pada pH=5 jumlah kation Pb(II) yang teradsorpsi adalah 0,0254 mmol.g⁻¹. Sedangkan pada pH=6 jumlah kation logam Pb(II) yang teradsorpsi sedikit menurun yaitu 0.0067 mmol.g⁻¹, dikarenakan nilai pH yang tinggi akibatnya jumlah ion H⁺ sangatlah sedikit dan jumlah kation Pb(II) sangat terbatas, sehingga terjadi kompetisi antara ion H⁺ dan kation Pb(II) untuk melakukan interaksi dengan situs situs aktif pada adsorben TBKA. Kenaikan nilai pH dalam sistem aqueous menyebabkan jumlah ion H⁺ dalam sistem aqueous menjadi sangat berkurang atau tidak lagi dominan, akibatnya gugus aktif pada adsorben TBKA menjadi bebas untuk mengadakan interaksi dengan kation Pb(II) dan melakukan adsorpsi kation logam Pb(II). Hal ini dapat diperlihatkan pada Tabel R.4 tersebut diatas bahwa terlihat pada pH=5 bahwa jumlah kation logam Pb(II) yang teradsorpsi adalah 0,0254 mmol.g⁻¹.

Kenaikan nilai pH seperti pada Tabel 5.1 cenderung menurun artinya jumlah kation logam Pb(II) yang dapat teradsorpsi semakin berkurang artinya ada sebagian spesies Pb(II) mengalami perubahan spesies (adanya perubahan nilai pH mendekati basis). Pada Tabel 5.1 terlihat pada pH =5 mempunyai nilai dimana jumlah kation logam yang teradsorpsi paling banyak adalah pH optimum. Dalam

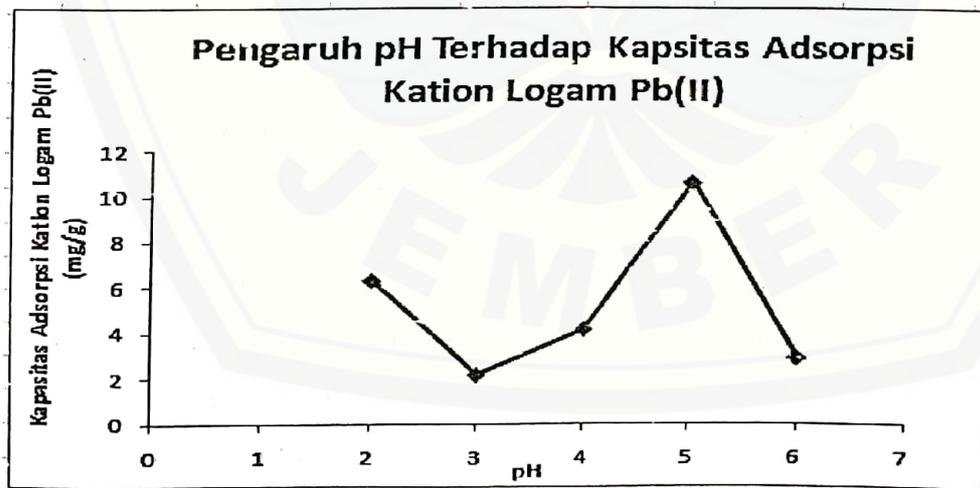
hal ini untuk kation Pb(II) dapat diadsorpsi oleh adsorben 5,11,17,23-tetra(t-butil)-25,26,27,28-tetrahidrosikaliks[4]arena (TBKA) pada penelitian ini pH optimum adalah daerah pH = 5 dan kapasitas adsorpsi adsorben TBKA terhadap kation Pb(II) mengikuti rumus (Yang, 2010), Kapasitas Adsorpsi = $\{(C_0 - C_a) \cdot V\} / W$

Kesesuaian konsep HSAB (asam basa keras lunak dapat dijadikan acuan untuk menyimpulkan fakta sesungguhnya yang terjadi untuk mendukung besarnya kapasitas adsorpsi. Dari hasil investigasi bahwa adsorben TBKA (5,11,17,23-tetra(t-butil)-25,26,27,28-tetrahidrosikaliks[4]arena merupakan basa keras dapat berinteraksi dengan baik dengan kation logam Pb(II) yang merupakan asam menengah tetapi interaksi cukup baik. Kompleksasi yang terjadi antara kation logam Pb^{2+} dengan adsorben TBKA. Mekanisme pembentukan kompleks antara kation logam Pb(II) dengan adsorben diperkirakan dapat berupa ikatan kovalen koordinasi antar orbital kosong pada kation Pb(II) dengan pasangan electron bebas dari gugus -OH sebagai ligan. Dalam menjelaskan fakta bahwa pada proses adsorpsi kation Pb(II) bahwa kapasitas adsorpsi Pb(II) menggunakan adsorben TBKA. Pengaruh keasamaan terhadap adsorpsi kation Pb(II) oleh adsorben 5,11,17,23-tetra(t-butil)-25,26,27,28-tetrahidrosikaliks[4]arena, seperti pada Gambar berikut:



Gambar 5.1 Pengaruh keasamaan terhadap adsorpsi Pb(II) menggunakan oleh adsorben TBKA

Dari Gambar 5.1 di atas terlihat bahwa variasi nilai pH (perbedaan tingkat keasaman) akan memberikan perbedaan jumlah kation Pb(II) yang teradsorpsi. Dalam hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan sedikit yaitu keasaman sangat berpengaruh dalam proses adsorpsi kation Pb(II) oleh TBCA. Pada pH=2 terlihat jumlah kation Pb(II) yang dapat teradsorpsi relatif sedikit yaitu $0,0152 \text{ mmol.g}^{-1}$, sedangkan pada adsorbat pada pH=3 dan pH=4 ada begitu juga pada penurunan sedikit yang dapat teradsorpsi yaitu $0,0052 \text{ mmol.g}^{-1}$ hal ini dikarenakan pada pH 3 dan pH=4 terjadi persaingan antara ion H^+ terjadi persaingan keta kation Pb(II) yaitu $0,0099$ dan ion H^+ pada pH=5 jumlah kation Pb(II) yang teradsorpsi adalah $0,0254 \text{ mmol.g}^{-1}$. Sedangkan pada pH=6 jumlah kation logam Pb(II) yang teradsorpsi sedikit menurun yaitu $0,0067 \text{ mmol.g}^{-1}$, dikarenakan nilai pH yang tinggi akibatnya jumlah ion H^+ sangatlah sedikit dan jumlah kation Pb(II) sangat terbatas, sehingga terjadi kompetisi antara ion H^+ dan kation Pb(II) untuk melakukan interaksi dengan situs aktif / gugus OH pada adsorben TBCA. Kenaikan nilai pH dalam sistem aqueous menyebabkan jumlah ion H^+ dalam sistem aqueous menjadi sangat berkurang atau tidak lagi dominan, akibatnya gugus aktif pada adsorben TBCA menjadi bebas untuk mengadakan interaksi dengan kation Pb(II) dan melakukan adsorpsi kation logam Pb(II). Hal ini dapat diperlihatkan pada Gambar 5.2 pada berikut:



Gambar 5.2 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi Pb(II) menggunakan oleh adsorben TBCA

Gambar 5.2 tersebut diatas bahwa terlihat pada pH=5 bahwa jumlah kation logam Pb(II) yang teradsorpsi adalah $0,0254 \text{ mmol.g}^{-1}$. Kenaikan nilai pH seperti pada Gambar 4.2 terlihat tidak linier dan cenderung naik turun artinya jumlah kation logam Pb(II) yang dapat teradsorpsi semakin berkurang artinya ada sebagian spesies Pb(II) mengalami perubahan spesies (adanya perubahan nilai pH mendekati basis). Pada Gambar 5.2 terlihat pada pH =5 mempunyai nilai dimana jumlah kation logam yang teradsorpsi paling banyak adalah pH optimum. Dalam hal ini untuk kation Pb(II) dapat diadsorpsi oleh adsorben 5,11,17,23-tetra(t-butil)-25,26,27,28-tetrahidroksikaliks[4]arena (TBCA) pada penelitian ini pH optimum adalah daerah pH = 5 dan kapasitas adsorpsi adsorben TBCA terhadap kation Pb(II) mengikuti rumus (Yang, F. F., et al. 2010), Kapasitas Adsorpsi : $(C_0 - C_a) * V/W$

Dimana : C_0 = konsentrasi larutan Pb(II) tanpa adsorben TBCA,

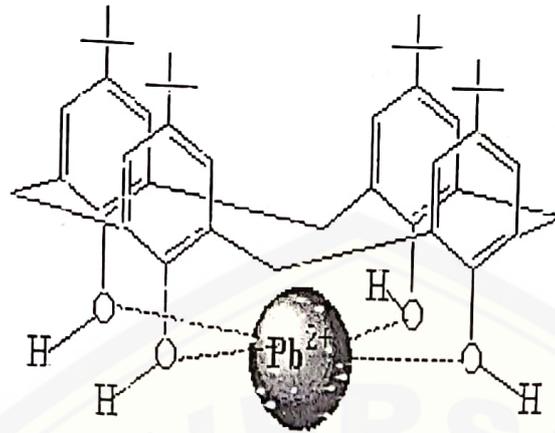
C_a = Konsentrasi larutan Pb(II) setelah penambahan adsorben TBCA

V = Volume larutan uji

W = massa adsorben yang digunakan

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Adsorpsi} &= (C_0 - C_a) * V / W \text{ (larutan Pb(II) pada pH optimum, pH=5)} \\ &= \{(7,68 \text{ mg/L} - 2,42 \text{ mg/L}) \times 10 \text{ mL}\} / 0,005 \text{ g} \\ &= \{(0,00526 \text{ mg/mL}) \times 10 \text{ mL}\} / 0,005 \text{ g} \\ &= 10,52 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Kesuaian konsep HSAB (asam basa keras lunak), konsep HSAB dapat dijadikan acuan untuk menyimpulkan fakta sesungguhnya yang terjadi, untuk mendukung besarnya kapasitas adsorpsi. Dari hasil investigasi bahwa adsorben TBCA (5,11,17,23-tetra(t-butil)-25,26,27,28-tetrahidroksikaliks[4]arena merupakan basa keras dapat berinteraksi dengan baik dengan kation logam Pb(II) yang merupakan asam menengah tetapi interaksi cukup baik. Kompleksasi yang terjadi antara kation logam Pb^{2+} dengan adsorben TBCA. Mekanisme pembentukan kompleks antara kation logam Pb(II) dengan adsorben diperkirakan dapat berupa ikatan kovalen koordinasi antar orbital kosong pada kation Pb(II) dengan pasangan electron bebas dari gugus -OH sebagai ligan.

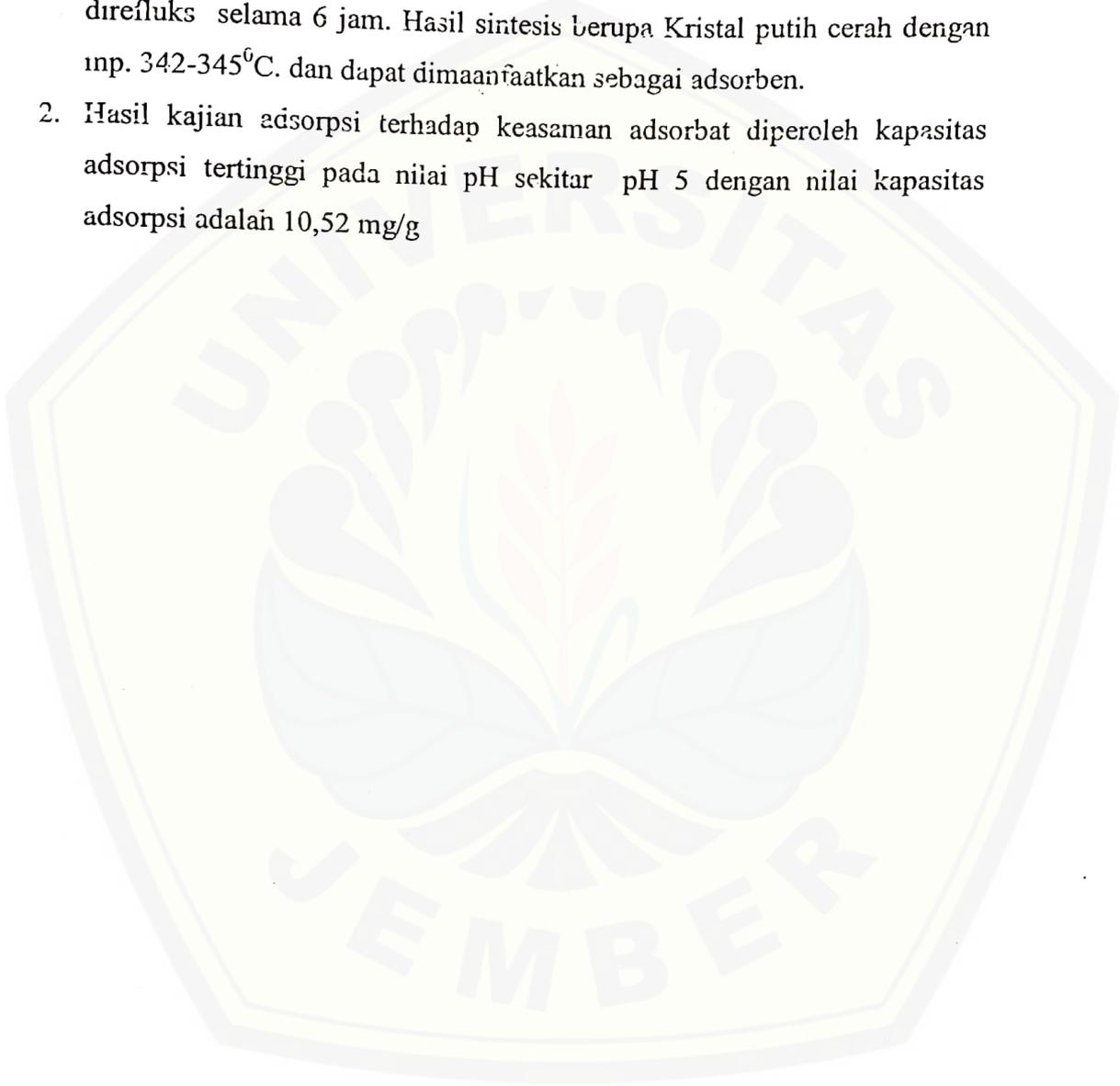


Gambar 5.3 Perkiraan model kompleksasi kation logam Pb(II) dengan adsorben TBCA

BAB VI

KESIMPULAN

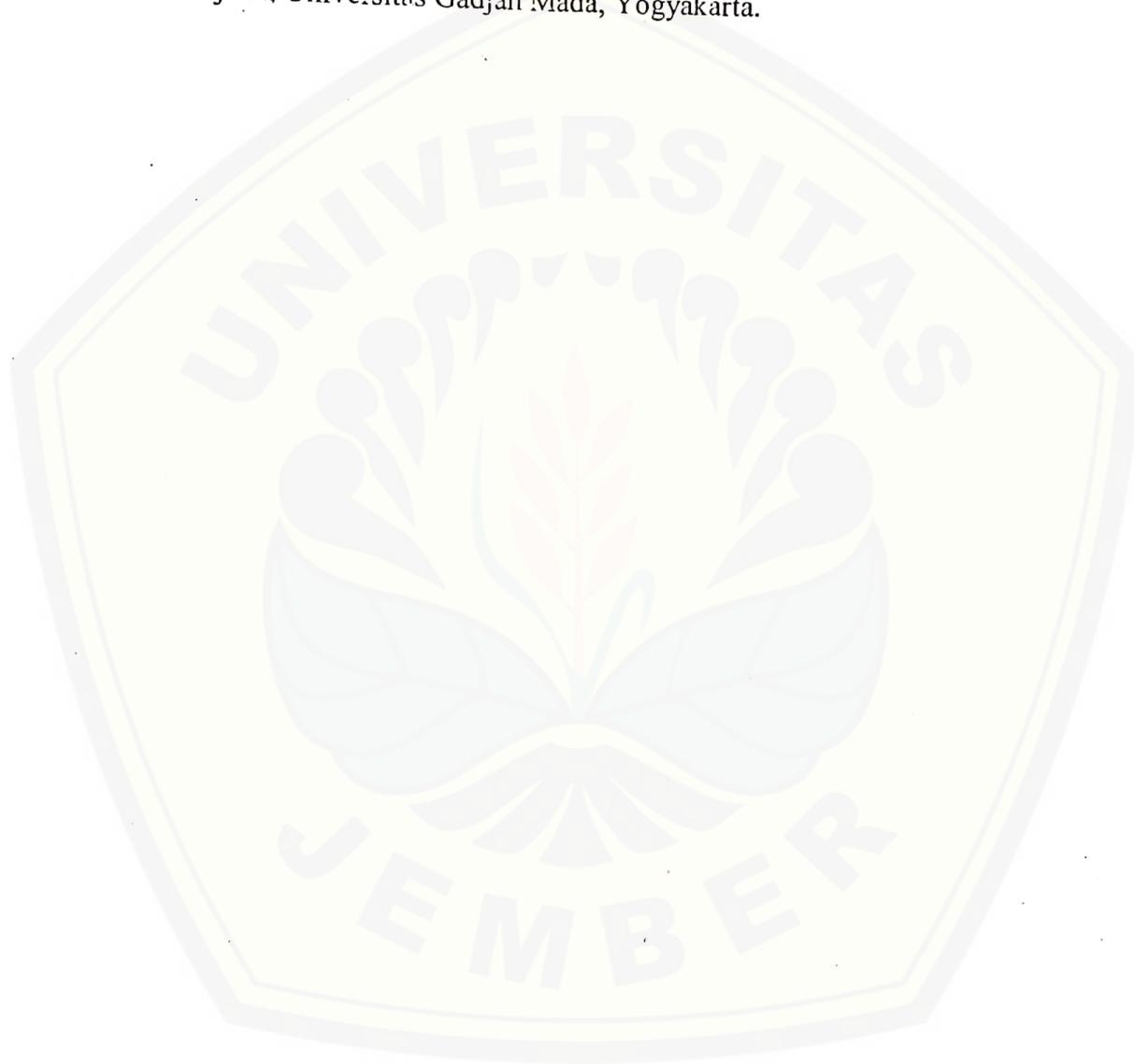
1. Senyawa 5,11,17,23-tetra(t-butyl)-25,26,27,28-tetrahidroksi-kaliks[4]arena (TBCA) telah disintesis menggunakan tert-butylphenol dengan formaldehyde dengan katalis NaOH dengan pelarut difenil eter dan direfluks selama 6 jam. Hasil sintesis berupa Kristal putih cerah dengan mp. 342-345^oC. dan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben.
2. Hasil kajian adsorpsi terhadap keasaman adsorbat diperoleh kapasitas adsorpsi tertinggi pada nilai pH sekitar pH 5 dengan nilai kapasitas adsorpsi adalah 10,52 mg/g



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005, Utilization of calix[4]arene derivatives as Adsorbens for removing environmental pollutants, (Kyoto Univ/ <http://sciencelinks.jp/j.cast/artcle/2005>)
- Anonim, <http://www.synaptec-gmbh.de/article/calix2003.pdf>
- Dannono, 1995, Logam dan Sistem Biologi Mahluk Hidup, Jakarta-Universitas Indonesia Press.
- Firdaus, 2007, Sintesis Turunan Amina, Amida, Asam Aminoasetat, dan ester etil aminoasetat Kaliks[4]arena dan penggunaannya Sebagai Eksiraktan Ion Logam Berat Cr^{3+} , Cd^{2+} , dan Pb^{2+} , Disertasi Doktor Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Groenen, L.C., Ruel, B.H.M, Casnati, A., Verboom, W., Pochini, A., Ungaro, R., and Reinhoudt, D.N., 1991, Synthesis of Monoalkylated Calix[4]arenes via, Direct Alkyltion, *Tetrahedron*, 47,(39), 8379-8384
- Gutsche, C.D., 1998, Calixarenes Revisited; Stoddart, J.F., Ed.; Monographs in Supramolecular Chemistry, Royal Society of Chemistry, London
- Gutsche, C.D., 1989, "Calixarenes," in Monograph in Supramolecular Chemistry, J. Stoddart, Ed., Royal Society of Chemistry, Cambridge, Mass, USA
- Gutsche, C.D., and Iqbal, M., 2005, Organic Syntheses, Inc. All Rights Reserved
- Gharib, F., Ganjali, S. T., Eslamipناه, M., Mazooji, R., and Ebrahimi, S., 2006, Complexation onzyloxf Di and Tetra-Benyloxy Ether Derivatives of Calix[4]arene With Alkali Metal Cations, *Acta Chem. Slov.*, 53, 424-427
- Maming, 2008, Transpor Cr(III), Cd(II), Pb(II), dan Ag(I) Melalui membran cair ruah yang mengandung turunan karboksilat, ester, dan amida p-tert.butylkaliks[4]arena sebagai pengemban ion, Disertasi Doktor Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Makha, M and Raston, C.L. 2001, Shynthesis of p-benzylcalix[4]arene and its sulfonated water soluble derivative, *Chem. Commun.*, 2470-2471
- No, K., and Koo, H.J., 1994, Conformations of the Acyl Esters of p-tert.butylcalix[4]arene and Calix[4]arene, *Bull Korean Chem. Soc.* 15, (6), 483-488
- Roundhill, D. M., 2004, Strategies for The Removal of Toxic Metal from Soils and Waters, *Journal of Chemical Education*, 81, (2),275-282
- Sastrohamidjojo, H., 1992, Spektroskopi Inframerah, Edisi Pertama, Liberty, Yogyakarta
- Sykes, P., terjemahan Hartono, A.J., Sugiharjo, C. J., Leo Broto dan Sukartini, 1989, Penuntun Mekanisme Reaksi Organik, Gramedia Jakarta.

- Shinkai, S., 1997, Novel Cavity Design Using Calix(n)arene Skeleton: Toward Molecule Recognition and metal binding, . *Chem.Rev.*, 97, 1714
- Tung C. H., and Ji, H. F., 1997, A Novel Host Molecule p-[1-(4-hydroxyphenyl)-1-methylethyl]-calix[8]arene. Synthesis and Complexation Properties in non-aqueous Polar Solution, *J. Chem. Soc., Perkin Trans 2*, 185-188
- Utomo, S.B., 2007, Sintesis Polipropilikaliks[4]arena dari p-t-Butilfenol Untuk Adsorpsi Pb(II), Tesis, Program Studi Ilmu Kimia, FMIPA, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



Lampiran 1: Pengaruh keasaman terhadap adsorpsi kation Pb(II)-TBKA

Massa adsorben : 5 mgram TBKA
 Volume larutan : 10 mL (8 ppm)
 Waktu kontak : 180 menit

pH	Co g/L)	Ca (mg/L)	C _{teradsorp} (mg/L)	C _{teradsorp} (mmol/g)x10 ⁻²	% adsorp	Kapasitas Adsorpsi mg/g
2	7.68	4.52	3.16/207,2	1.52	41.14	6.32
3	6.94	5.86	1.08	0.52	15.55	2.16
4	7.68	5.61	2.07	0.99	26.95	4.14
5	7.68	2.42	5.26	2.54	68.49	10.52
6	7.36	5.96	1.4	0.67	19.02	2.88

pH Optimum untuk kation Pb – TBKA pH = 5

$$\text{Kapasitas Adsorpsi} = \{(C_o - C_a) \cdot V\} / W$$

$$\begin{aligned} \text{(pada pH=5)} &= \{(7,68 \text{ mg/L} - 2.42 \text{ mg/L}) \times 10 \text{ mL}\} / 0,005 \text{ g} \\ &= \{(0,00526 \text{ mg/mL}) \times 10 \text{ mL}\} / 0.005 \text{ g} \\ &= 10,52 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Lampiran 2: Hasil Analisis Kadar Pb-TBKA dalam pengaruh keasaman

HASIL ANALISIS
KADAR Pb-TBKA DALAM PENGARUH KEASAMAN

Fersamaan Kurva Kalibrasi Standar Pb : $Y = 0.00055X + 0.00006$ $R^2 = 0.995$

No	PH	Absorbansi			Rerata	Konsentrasi (ppm)
		1	2	3		
1	2	0.006	0.005	0.002	0.0043	4.52
2	3	0.005	0.006	0.006	0.0057	5.96
3	4	0.006	0.003	0.007	0.0053	5.61
4	5	0.003	0.001	0.003	0.0023	2.42
5	6	0.007	0.006	0.004	0.0056	5.96

Lampiran 3: Hasil Analisis Kadar Pb Dalam Sampel Blanko

**HASIL ANALISIS
KADAR Pb DALAM SAMPEL BLANKO**Persamaan Kurva Kalibrasi Standar Pb : $Y = 0.00025X + 0.00005$ $R^2 = 0.995$

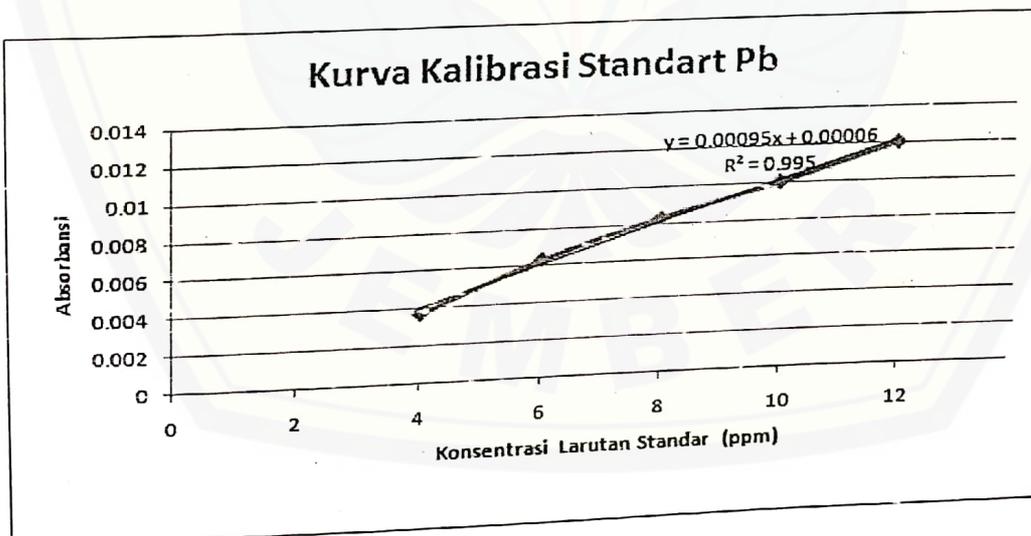
No	Kode Sampel	Absorbansi			Rerata	Konsentrasi (ppm)
		1	2	3		
1	PbdBlkPH2	0.008	0.007	0.007	0.0073	7.68
2	PbdBlkPH3	0.007	0.007	0.006	0.0066	6.94
3	PbBlkPH4	0.009	0.007	0.006	0.0073	7.68
4	PbBlkPH5	0.007	0.007	0.006	0.0073	7.68
5	PbBlkPH6	0.008	0.006	0.007	0.007	7.36

Lampiran 4: HASIL PENGUKURAN ABSORBANSI UNTUK MEMBUAT KURVA KALIBRASI STANDAR

Nama : Pb
 Panjang Geombang : 283,2 nm
 Current : 2,0 mA
 Slit : 0,7 nm
 Metn : Oksigen/Asetilen
 Lampu : Pb-AA-283,2-Lib3
 Merk : Buck.Scientific

HASIL ABSORBANSI LARUTAN STANDAR

	Konsentrasi Larutan Standar (ppm)	Absorbansi
1	4	0.0037
2	6	0.0063
3	8	0.0083
4	10	0.010
5	12	0.012



Lampiran 5: Data pembuatan kurva standar kation Pb(II)

Data Pembuatan Kurva Standar

KODE SAMPEL : STD Pb

No. Sampel	Sampel	rerata	Absorbansi		
1	Pb - 4 ppm	0,0037	0,004	0,003	0,004
2	Pb - 6 ppm	0,0063	0,005	0,007	0,006
3	Pb - 8 ppm	0,0083	0,008	0,009	0,008
4	Pb - 10 ppm	0,010	0,01	0,01	0,01
5	Pb - 12 ppm	0,012	0,012	0,013	0,012

