

**SINTESIS SENYAWA *p-t*-BUTIL-HEKSA-ASAMKALIKS[6]ARENA
DAN PENGGUNAANNYA SEBAGAI EKSTRAKTAN
LOGAM BERAT Cr(III)**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:
Mukhlasoh
09630034**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2014



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Mukhlasoh

NIM : 09630034

Judul Skripsi : Sintesis Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dan Penggunaannya sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut diatas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami menyampaikan terimakasih.

Wassalamu 'alaikumwr.wb.

Yogyakarta, 12 Februari 2014

Pembimbing

Dr. Susy Yunita Prabawati, M. Si

NIP. 197606621 199903 2 005

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultasi Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Mukhlasoh

NIM : 09630034

Judul Skripsi : Sintesis Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]Arena dan Penggunaannya sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Bidang Kimia.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 27 Maret 2014

Konsultan,



Esti wahyu widowati, M.Si, M.Biotech

NIP. 19760830 200312 2 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Mukhlasoh

NIM : 09630034

Judul Skripsi : Sintesis Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]Arena dan Penggunaannya sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Bidang Kimia.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 27 Maret 2014
Konsultan,

Pedy Artsanti, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah :

Nama : Mukhlasoh
NIM : 09630034
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

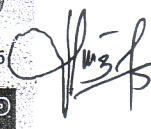
“Sintesis Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dan Penggunaannya sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)”

Adalah hasil karya sendiri dan sepanjang sepengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian tertentu yang diambil sebagai bahan acuan yang secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 17 Februari 2014

Penulis




Mukhlasoh
NIM. 09630034



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/905/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dan Penggunaannya sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Mukhlasoh
NIM : 09630034
Telah dimunaqasyahkan pada : 11 Maret 2014
Nilai Munaqasyah : A/B
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si
NIP.19760621 199903 2 005

Penguji I

Esti Wahyu Widowati, M.Si, M.Biotech
NIP.19760830 200312 2 001

Penguji II

Pedy Artsanti, M.Sc

Yogyakarta, 27 Maret 2014
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Prof. Dr. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP.19580919 198603 1 002

MOTTO

Jangan berputus asa jika Allah SWT menunda apa-apa yang kamu sukai.

*Jangan bersedih hati, tapi bersabar dan tersenyumlah karena DIA berfirman
dengan penuh kasih sayang.*

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah : 6)

If you having nothing good say, then remain silent

(Mukhlash)

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Illahi Rabbi yang dengan maha Kasih-Nya membimbing jiwa, raga dan hati ini untuk selalu istiqomah berada di jalan-Nya. Sholawat dan salam semoga tetap terlimpahkan kepada sosok *uswatun khasanah* Baginda Rosul Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, tabi'in dan orang-orang yang senantiasa menegakkan islam *ilaa yaumil akhir*.

Skripsi dengan judul **“Sintesis Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dan Penggunaannya sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)”** disusun sebagai syarat kelulusan jenjang sarjana strata satu jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini, baik dari langkah persiapan, pelaksanaan penelitian, hingga langkah akhir, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan kontribusi, baik materil maupun non-materil yang sangat memotivasi. Untuk itu dalam kesempatan ini, dengan sepenuh hati penulis mengucapkan terimakasih sekaligus mohon maaf kepada:

1. Bapak Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Esti Wahyu Widowati, M.Si, M. *Biotech.*, selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi.

3. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si sebagai dosen pembimbing akademik sekaligus pembimbing skripsi yang dengan ketulusan dan kesabarannya membantu dan membimbing penulis dalam menyusun skripsi ini.
4. Para dosen Program studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Bapak A. Wijayanto, S.Si., Bapak Indra Nafiyanto, S.Si dan Ibu Isni Gustanti, S.Si selaku laboran di Laboratorium UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan selama melakukan penelitian.
6. Seluruh Staf dan Karyawan Tata Usaha Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah menangani perkara administrasi dengan baik.
7. Suamiku tercinta (Karmani, S. Pd) yang tiada henti-hentinya menjaga semangatku, mendampingi hidupku dengan kasih sayang dan perhatiannya.
8. Bapak (Kasori), Ibu (Wairoh), kakak (Mas Amir), adik-adikku (Novi Irnaeni, Mugiyono Al-Kaff, dan Abdul Haris Al-aufa) yang tak pernah lelah mendo'akanku dan dengan ikhlas memberikan motivasi, nasihat serta dorongan materinya.
9. Iis Nuraamaliyah yang tak pernah enggan untuk memberikan kontribusi, dan rekan kost ASWAJA (fina, mba ferly, icha, fitri, wiwit, winarni dan lainnya) yang telah menjadi keluarga bagiku.
10. Rekan-rekan semua angkatan Program Studi Kimia UIN Sunan Kallijaga, terkhusus angkatan 2009 tetap semangat untuk menggapai cita-cita kita serta

mereka yang telah berbagi pada saat penelitian (Ifa, Andre, Shofi, Rifqi, dan Nura).

11. Tentunya semua pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Baarakallahufikum. Semoga Sang Maha Suci selalu memberikan ridho dan balasan yang tiada banding kepada kalian semua yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya skripsi ini. Penulis hanya bisa mendo'akan semoga amal baik kalian semua dicatat dan diterima Allah SWT sebagai amal yang mulia.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, meskipun penulis sudah berusaha semaksimal mungkin untuk membuat yang terbaik. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati dan dengan lapang dada penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi perbaikan penulisan selanjutnya. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun bagi pembaca, Aamiin...

Yogyakarta, 27 Maret 2014

Penulis,

Mukhlasoh

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini kami dedikasikasikan untuk :

Almamaterku tercinta,
Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Rumusan Masalah	5
D. Batasan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Tinjauan Pustaka	7
1. Kaliksarena.....	7
2. Manfaat Kaliksarena	9
B. Landasan Teori.....	10
1. Sintesis Kaliksarena	10
2. Konformasi Kaliksarena.....	12
3. Kelarutan dan Titik Leleh Kaliksarena	14
4. Sintesis <i>p-t</i> -butil-kaliks[6]arena dan Turunannya.....	15
5. Reaksi Hidrolisis Ester.....	15
6. Logam Kromium (Cr)	16
7. Ekstraksi Pelarut.....	18
8. Aplikasi Kaliksarena sebagai Ekstraktan Logam Berat.....	20
9. Spektrofotometer Inframerah (FTIR).....	23
10. Spektrometer Resonansi Magnet Inti (¹ H-NMR).....	26
11. Spektrometer Serapan Atom (SSA)	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
A. Waktu dan Tempat Penelitian	29
B. Alat-alat Penelitian.....	29
C. Bahan Penelitian.....	29

D. Prosedur Penelitian.....	30
1. Sintesis pembentukan senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena ...	30
2. Aplikasi senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)	30
a. Ekstraksi dengan Variasi pH Larutan Logam Cr(III)	30
b. Ekstraksi dengan Variasi Waktu	31
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Hasil Sintesis Senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena	32
B. Aplikasi Senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)	39
1. Pengaruh Keasaman Ph Awal Larutan Ion Logam	39
2. Pengaruh Waktu Kontak Ion Logam Berat Cr(III) Terhadap Daya Ekstraksi Senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena	43
3. Daya Ekstrabilitas Senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena Terhadap Ion Logam Berat Cr(III)	45
4. Mekanisme Ekstraksi Ion Logam Cr(III) dengan Senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena	48
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
A. Kesimpulan	52
B. Saran	53
 DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kenampakan spektrum $^1\text{H-NMR}$ dari proton dan $^{13}\text{C-NMR}$ dari karbon pada jembatan metilen senyawa turunan kaliks[4]arena.....	14
Tabel 2.2 Klasifikasi Asam-Basa berdasarkan Teori HSAB	18
Tabel 4.1 Hasil perhitungan proses ekstraksi pada variasi pH.....	59
Tabel 4.2 Hasil perhitungan proses ekstraksi pada variasi waktu.....	60
Tabel 4.3 Perbandingan persentase ekstraksi antara senyawa <i>p-t</i> -butil-kaliks[6]arena dengan senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-esterkaliks[6]arena dan senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena.....	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Upper rim</i> dan <i>lower rim</i> kaliksarena	12
Gambar 2.2 Empat bentuk konformasi kaliks[4]arena dengan nama <i>partial cone</i> , <i>1,3-alternate</i> , <i>1,2-alternate</i> , dan <i>cone</i>	13
Gambar 2.3 Mekanisme ekstraksi ion logam Cr ³⁺	21
Gambar 2.4 Mekanisme ekstraksi ion logam Cd ²⁺ dan Pb ²⁺	22
Gambar 2.5 Hubungan gugus fungsional dan bilangan gelombang dalam spektrum inframerah.....	25
Gambar 4.1 Struktur senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena	33
Gambar 4.2 Reaksi hidrolisis senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena ...	33
Gambar 4.3 Spektrum FTIR <i>p-t</i> -butil-kaliks[6]arena	34
Gambar 4.4 Spektrum FTIR <i>p-t</i> -butil-heksa-esterkaliks[6]arena	35
Gambar 4.5 Spektrum FTIR <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena.....	36
Gambar 4.6 Spektrum ¹ H-NMR <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena.....	37
Gambar 4.7 Pengaruh keasaman pH ion logam Cr(III) terhadap larutan ekstraktan	41
Gambar 4.8 Pengaruh waktu kontak ion logam berat Cr(III) terhadap daya ekstraksi senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena	44
Gambar 4.9 Mekanisme ekstraksi antara senyawa <i>p-t</i> - butil-heksa- asamkaliks[6]arena dengan ion logam berat Cr(III)	50
Gambar 4.10 Model interaksi antara senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asamkaliks[6]arena dengan ion logam berat Cr(III)	51

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Tabel hasil perhitungan pada variasi pH	59
Lampiran 2 Tabel hasil perhitungan pada variasi Waktu.....	60
Lampiran 3 Perhitungan persentase ekstraksi senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asam kaliks[6]arena terhadap ion logam berat Cr(III) pada variasi pH	61
Lampiran 4 Perhitungan persentase ekstraksi senyawa <i>p-t</i> -butil-heksa-asam kaliks[6]arena terhadap ion logam berat Cr(III) pada variasi waktu	63



ABSTRAK

Sintesis Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dan Penggunaannya sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III)

Oleh:

Mukhlasoh

09630034

Pembimbing:

Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si

NIP 19760621 199903 2 005

Kaliksarena merupakan senyawa makrosiklis yang terbentuk oleh beberapa unit fenolik dengan jembatan metilen yang digunakan sebagai penghubung, sehingga terbentuk rongga hidrofobik yang dapat berikatan dengan molekul lain untuk membentuk suatu kompleks. Kaliksarena dapat dimodifikasi baik pada cincin bagian atas ataupun cincin bagian bawah. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis senyawa turunan kaliksarena dengan cara memodifikasi cincin bagian bawah kaliksarena dengan gugus karboksil, kemudian senyawa hasil sintesis akan digunakan sebagai ekstraktan logam berat Cr(III).

Senyawa yang disintesis dalam penelitian ini berupa senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena. Sintesis senyawa ini dilakukan menggunakan reaksi hidrolisis ester dalam suasana basa. Bahan dasar yang digunakan adalah senyawa *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena, KOH dan etanol 96 %. Hasil sintesis diidentifikasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan ¹H-NMR. Aplikasi senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena sebagai ekstraktan logam Cr(III) dilakukan pada variasi pH dan variasi waktu kontak ion logam.

Produk hasil sintesis berupa padatan berwarna putih kekuningan dengan rendemen 37,14 % dan titik lebur 145-147 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi ion logam berat Cr(III) mencapai kondisi optimum pada pH 5 dengan persen ekstraksi sebesar 44,41 %. Ekstraksi pada variasi waktu kontak mencapai kondisi optimum pada waktu kontak 90 menit dengan persen ekstraksi sebesar 25,31 %.

Kata kunci: kaliksarena, *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena, ekstraksi, ion logam berat Cr(III)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman, aktivitas manusia semakin meningkat, terutama dalam pemenuhan kebutuhan hidup yang semakin beragam. Hal ini ditandai dengan banyaknya industri-industri baru yang didirikan. Berdirinya industri tersebut tentu saja dapat memberikan dampak positif yang cukup signifikan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Namun, tidak dapat dipungkiri bahwa akan banyak pula dampak negatif yang ditimbulkan seperti bertambahnya zat pencemar yang dapat merusak lingkungan hidup, baik udara, air atau tanah. Salah satu zat pencemar yang dapat merusak lingkungan yaitu logam berat. Logam berat ini tidak hanya menjadi polutan lingkungan, akan tetapi juga menjadi masalah yang cukup serius bagi kehidupan manusia. Proses kontaminan logam terhadap manusia dapat terjadi melalui konsumsi tanaman dan hewan yang hidup di wilayah industri yang telah tercemar logam berat.

Salah satu logam berat yang cukup berbahaya yaitu logam Cr(III) yang berasal dari buangan industri. Berbagai macam proses industri yang menghasilkan limbah logam berat Cr(III) diantaranya yaitu industri penyamakan kulit, industri cat dan zat warna tekstil serta industri pembuatan alat-alat elektronik. Logam krom yang dihasilkan dari proses industri ini bersifat toksik. Di dalam tubuh logam krom biasanya berada dalam keadaan sebagai ion Cr^{3+} . Krom dapat menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati (liver) dan ginjal (Kaim dan Schwederski, 1994). Apabila terjadi kontak dengan kulit maka dapat

menyebabkan iritasi dan jika tertelan dapat menyebabkan sakit perut dan muntah (Khasani, 2001).

Beberapa tahun terakhir telah banyak teknik yang telah dikembangkan untuk menangani logam berat pencemar lingkungan seperti presipitasi, separasi dengan membran, (Jain dkk., 2005), pertukaran ion (Sivaiah dkk., 2004) dan ekstraksi pelarut. Metode presipitasi yaitu metode yang kurang efisien untuk larutan encer, meskipun cukup ekonomis, metode pertukaran ion atau yang sering disebut sebagai osmosis balik pada umumnya efektif, tetapi membutuhkan biaya dan peralatan yang relatif tinggi, teknik ekstraksi pelarut merupakan salah satu metode alternatif yang potensial karena prosesnya yang membutuhkan peralatan sederhana dan tidak mahal. Selain itu, pelarutnya dapat digunakan kembali untuk proses pemisahan selanjutnya.

Senyawa makrosiklik kaliksarena masih menjadi objek penelitian yang menarik untuk menangani permasalahan pencemaran logam berat terhadap lingkungan. Menurut Khan *et al.* (1993) kaliksarena mempunyai kemampuan yang tinggi untuk secara selektif dalam mengangkut dan menjebak ion-ion termasuk molekul organik netral. Senyawa induk *p-t*-butil-kaliks[6]arena pada cincin bagian bawahnya mempunyai gugus hidroksil yang dapat mengikat kation, sedangkan pada bagian atasnya terdapat rongga hidrofobik yang berpotensi sebagai pengkompleks molekul netral (Bauer and Gutsche, 1985; Loon *et al.*, 1990).

Pada umumnya kaliksarena dapat dengan disintesis menggunakan bahan dasar fenol, resorsinol atau pirogilol baik dalam suasana asam, basa ataupun netral

sehingga akan menghasilkan produk sintesis yang berupa kaliks[4]arena, kaliks[6]arena dan kaliks[8]arena, akan tetapi senyawa kaliks[6]arena relatif lebih mudah disintesis daripada kaliks[4]arena, sedangkan kaliks[8]arena memiliki ukuran rongga molekul yang besar sehingga dinilai kurang efektif. Kaliks[6]arena mempunyai ukuran diameter rongga molekul sebesar 2,0-2,9 Å, sedangkan ion logam berat mempunyai ukuran diameter rongga sebesar 1,3-2,4 Å. Kesesuaian ukuran rongga molekul kaliks[6]arena dengan diameter rongga ion logam merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan dalam merancang senyawa kaliksarena sebagai ionofor (Prabawati, 2012).

Faktor lain yang mempengaruhi kemampuan kaliksarena sebagai ionofor yaitu modifikasi pada cincin bagian bawah kaliksarena. Berbagai macam turunan senyawa kaliksarena dengan modifikasi pada cincin bagian bawah kaliksarena seperti masuknya gugus ester, keto, karboksilat dan amida. Senyawa turunan kaliksarena yang termodifikasi pada cincin bagian bawah mempunyai kemampuan ekstraksi yang relatif tinggi terhadap kation logam Na^+ , K^+ , Rb^+ , dan Cs^+ (Collin dkk., 1989).

Laporan hasil penelitian tentang sintesis turunan kaliksarena untuk digunakan sebagai ekstraktan selektif terhadap logam berat masih jauh lebih sedikit jumlahnya bila dibandingkan dengan penelitian tentang penggunaannya sebagai ekstraktan logam alkali dan golongan transisi. Ohto dkk. (1987) melaporkan bahwa kaliksarena dapat digunakan sebagai ekstraktan logam berat dalam penelitiannya, untuk mengekstraksi logam seperti Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Ag^+ . Senyawa yang digunakan yaitu p-t-oktil-kaliks[4]arena tetrakarboxilat dan p-t-

oktil-kaliks[4]arena tetraamida. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kedua jenis kaliksarena tersebut memiliki kemampuan mengekstraksi yang cukup baik (52-68%) khususnya terhadap logam Pb^{2+} dan Ag^+ .

Kemampuan ekstraktan dalam mengikat logam tergantung pada banyaknya gugus aktif yang terikat dan selektivitasnya terhadap logam target tergantung pada ukuran rongga dan struktur molekul yang kaku (Harimu, 2009). Pada penelitian ini akan disintesis senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena sebagai turunan senyawa *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena yang disintesis dengan mensubstitusi gugus ester menjadi gugus karboksil dari asam karboksilat. Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena yang digunakan memiliki situs aktif berupa gugus karboksil (-COOH) yang tertata dalam geometri tertentu, sehingga diharapkan dapat menjadi *host* makrosiklik yang berkinerja tinggi dan efektif terhadap *guest*/target pengebakan yang dikehendaki yaitu kation logam Cr(III). Hasil yang diperoleh diharapkan juga dapat membantu menangani permasalahan lingkungan tanpa adanya efek pencemaran sehingga dapat menciptakan lingkungan yang ramah.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diambil identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Diperlukan alternatif metode penanganan limbah logam berat khususnya Cr(III) yang ramah lingkungan.

2. Kemampuan kaliksarena dapat ditingkatkan melalui proses modifikasi gugus pada cincin bagian bawah atau atas kaliksarena sehingga dapat menjebak logam berat Cr(III) secara maksimal.
3. Perlu dipelajari beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan optimasi proses ekstraksi logam berat seperti pH dan waktu kontak.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah proses sintesis senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dengan bahan dasar senyawa *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena?
2. Bagaimanakah kondisi optimum sintesis *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena terhadap pH, dan waktu kontak?
3. Bagaimanakah mekanisme ekstraksi senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dengan ion logam Cr(III)?

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dalam pembahasannya, maka diambil pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan dasar yang digunakan pada sintesis senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena yaitu *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena.
2. Karakterisasi senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dilakukan menggunakan spektrofotometer inframerah (FTIR) dan spektrometer resonansi magnet inti ($^1\text{H-NMR}$).

3. Optimasi kondisi sintesis *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena dan *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dilakukan dengan variasi pH (2,0; 3,0; 4,0; 5,0; dan 6,0) dan waktu kontak (30; 60; 90; 120 dan 150 menit), analisisnya menggunakan spektrometer serapan atom (AAS).

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui proses sintesis senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dengan bahan dasar *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena.
2. Mengetahui kondisi optimum sintesis senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dari senyawa *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena terhadap pH dan waktu kontak.
3. Mengetahui mekanisme ekstraksi senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dengan ion logam Cr(III).

F. Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khazanah bidang makromolekul, khususnya kaliksarena. Selain itu terbentuknya senyawa baru yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat berperan penting dalam menangani limbah logam berat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dan pembahasan yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dapat disintesis melalui reaksi hidrolisis ester menggunakan bahan dasar *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena dengan menggunakan basa KOH. Senyawa hasil sintesis berupa padatan berwarna putih kekuningan dengan rendemen 37,14 % dan titik lebur 145-147°C.
2. Ektstraksi senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena terhadap logam Cr(III) mencapai kondisi optimum pada pH 5 dengan persentase ekstraksi sebesar 44,41 % dan waktu ekstraksi 90 menit sebesar 25,31%.
3. Mekanisme ekstraksi antara senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dengan ion logam Cr(III) dapat terjadi melalui reaksi pembentukan senyawa kompleks.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat dirumuskan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sintesis turunan senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena dengan memodifikasi cincin bagian bawah kaliks[6]arena, sehingga menghasilkan kaliksarena yang lebih beragam.

2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap reaksi untuk meningkatkan rendemen.
3. Perlu adanya studi lebih lanjut untuk mengetahui kemampuan ekstraksi dari senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena terhadap ion logam berat lain seperti Cu(II), Cd(II) dan Pb(II).
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan berbagai variasi konsentrasi dan massa ekstrak, untuk mengetahui daya ekstraksi dari senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduini A., Fabbi, M., Mantovani, M., Mirone, L., Secchi, A., dan Ungaro, R. 1995. Calix[4]arene Blocked in Rigid Cone Conformation by Selective Fungtionalization at Lower Rim, *J.Org.Chem*, 60.1454-1457
- Armud-Neu, F., Collin, E.M., Deasy, M., Furguson, G., Harris, S.J., Kaitner, B., Lough, A.J., McKervey, M.A., and Seward, E.M. 1998. Synthesis, X-ray Crystal Structur, and Cation-Binding Properties of Alkyl Calixaryl Ester and Ketons, New family of Macrocyclic Molecular Reseptor. *J. Am. Chem. Soc.* 111. 8661-8691
- Arimura, T., Nagasaki, T., Shinkai, S., dan Matsuda, T. 1989. Host-Guest Properties of New Water-Soluble Calixarene Derived from p-(Cloromethyl)-calixarene. *J. Org. Chem.* 54. 3766-3768
- Bohmer, V. 1995. Calixarenes, Macrocycles with (Almost) Unlimited Possibilities. *Angew. Chem. Int. Engl.* 34. 714-745.
- Chang, C.A. 1997. Macrocyclic Lanthanide Coordination Chemistry (Review Paper), *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A)*.21.1.1-13
- Cotton F.A., G. Wilkinson. 1987. *Kimia Anorgaik Dasar*. UI Press : Jakarta
- Coruzzi dan Andretti. 1982. Molecular Inclusion in Functional Macrocycles. Part 6. The Crystal and Molecular Structurees of Calix[4]arene from p-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)phenolan its 1:1 Complex with Toluena, *J. Chem. Soc. Perkin Tran*, II. 1773-1779
- Creswell, J. C., Olaf, A.R., Malcolm, M.C., 2005. *Analisis Spektrum Senyawa Organik*. ITB: Bandung.
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press : Jakarta
- Dean,A. J., 1985. *Lange's Handbook of Chemistry*, Mc. Grow Hill Book Company: New York
- Dedek, P., Janout, V., dan Regen, S.L. 1993. Porous Surfactants From Cone Confomer of Calix[5]arenas. *J.Org. Chem.* 58.6553-6555
- Duynhoven, J.P.M., Janssen, R.G., Verboom, W., Franleen, S.M., Casnati, A., Pochini, A., Unaro, R., de Mendeza, Neito, P.M., Prados, P., danReinhoudt, D.N. 1994. Control of Calix[6]arene Conformation by Self-Inclusion 1,3,5,-

- tri-O-alkyl Substituents : Syntesis and NMR Studies. *J. Am. Chem. Soc.* 116. 5814-5822.
- Fanni, S., Arnaud, N.F. McKervey, M.A., Sehwing, A.J., dan Ziat, K. 1996. Dramatic Effect of p-Dealkylation on the Binding Abilities of p-tert-Butylcalix[6]arenes New Cs⁺ and Sr⁺ Selective Receptor. *Tetrahedron Lett.* 37.7975-7978
- Firdaus. 2007. Sintesis Turunan Amina, Amida, Asam Amino Asetat dan Ester Etil Amino Asetat Kaliks[4]arena serta Penggunaannya sebagai Ekstraktan Ion Logam Berat Cr³⁺, Cd²⁺, dan Pb²⁺. *Disertasi*. Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Gandjar, DEA., Ibnu Ghalib dan Abdul Rohman. 2010. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar: Yogyakarta
- Graham, B.F., Harrowfield, J.M., and Trengove, R, D. 2002 Comparison of Supercritical Fluid Chromatographic and High-Performance Liquid Chromatographic Separations of p-t-Butylcalix[4]arenes, *J. Chr. Sci.* 35. 232-236
- Gutsche, C.D., Dhawan, B., Hyun-No, K., Muthukrisnan, R. 1981. The Synthesis, Characterization and Properties of the Calixarene from p-t-Butylphenol. *J. Am. Chem. Soc.* 109. 4314-4320
- Gutsche, C.D., dan Pagoria, P.F. 1985. Calixarenes 16. Functionalized Calixarenes : The Direct Substitution Route. *J. Am. Chem. Soc.* 50. 5795-5802
- Gutsche, C, D., Iqbal, M., dan Alam, I. 1987. The Interaction of Calixarene and Amines, *J. Am. Chem. Soc.* 103. 3782-3792
- Gutsche C, D., Dhawan, B., No, K. H., dan Muthukrishnan, R. 1978. Synthesis, Characterization, and Properties of The Calixarene from p-t-butylphenol, *J. Am. Chem. Soc.* 103. 3782-3792
- Gutsche, C. D. 1989, *Calixarenes Revisited*, Monograph in Supramolecular Chemistry, Royal Society of Chemistry: Cambridge.
- Hamilton, K. 2003. Synthesis, Characterization, and Application of Water- Soluble Chiral Calix[4]arene Derivatives in Spectroscopy and capillary Electrokinetic Chromatography. *Disertation*. The Departement of Chemistry, Louisiana State University : Louisiana
- Handayani, D.S., 2011. Sintesis Poli-5-AlilKaliks[4]arena dan Turunan Ester serta Asam Karboksilatnya sebagai Adsorben dan Antidotum Keracunan Logam Berat, *Disertasi*, UGM. Yogyakarta.

- Harimu, La., Sabirin Matsjeh., Dwi Siswanta., dan Sri Juari Santosa. 2009. Sintesis Polieugenil Oksiasetat sebagai Pengemban Untuk Pemisahan Ion Logam Berat Fe(III), Cr(III), Ni(II), Co(II) dan Pb(II) Menggunakan Metode Ekstraksi. *Indo. J. Chem.* 2. 261-266
- Hwang, W. And Shih, J., 2000. Properties and Application of Criptand-22-Surfactant for Ion Transport and Ion Extraction. *J. Chin. Chem. Soc.* 47.1215-1222
- Jain, V.K., Pillai, S.G., Pandya, R.A., Agrawal, Y.K, dan Shrivastav, P.S. 2005. Selective Extraction, Preconcentration, and Transport Studies of Thorium(IV) Using Octa-Functionalized Calix[4]resorcinarene-Hydroamic Acid. *Anal. Sci.* 21. 129-135
- Kaim, W. and Schwederski, B. 1994. *Bioinorganic Chemistry: Inorganic Elements in the Chemistry of Life.* John Wiley and Sons.
- Kanamathareddy, S., dan Gutsche, C.D. 1992. Calixarene 19. Aroylation and Arylmethylation of Calix[6]arenes. *J. Org. Chem.* 57. 3160-3166
- Khan, E.U., Takemura, H.1993. Calixarenes New Macrocycles with Calix[4]arene System, *J. Org. Chem.* 38. 3138-3141
- Khasani, SI. 2001. *Lembar Keselamatan Bahan.* Vol. IV. Bandung :Pusat Penelitian Kimia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Khopkar, 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik.* UI-Press: Jakarta
- Kunsagi-Mate, S. 2000. Investigation of Interaction of Calixarene (host) and Nuetral Benzotriflouride Derivaties (guest). *Paper.* University of Pecs, Hungary
- Kyha, E.P., Helgerson, R.C., Madan, K., Gokel, G. W., Tarnowski, T.L., Moore, S.S. and Cram, D.J. 1977. Host-Guest Complexation 1. Consept and Illustration. *J. Am. Chem. Soc.* 99. 2564-2571
- Li, L.S., Shi, L.D., Yu, Q.F., dan Min, L. 2004. Preparation and Characterizationof a New p-tert-butyl-Calix[8]arene-bonded Stationary Phase for High-Pherformance Liquid Chromatography, *Anal. Sci,* 20. 561-564.
- Linane, P., dan Shinkai S. 1994. *Calixarenes: Adaptable Hosts Par Excellence,* *Chem. Ind.* 811-814.

- Lo, T. C., Baird, M. H. I., Hanson, C. 1983. *Handbook of Solvent Extraction*. 53-54, John Willey and Sons : Singapore
- Loon J, V., Arduini, A., Coppi, L., Verboom, W., Pochini A., Ungaro, R., Harkema, S., and Reinchoucdt, D, N. 1990. Selective Functionalization of Calix[4]arenes at the Upper Rim. *J. Org. Chem.* 55. 5639-5646
- Muthihac, L., Buschman, H.J., and Diacu, E., 2002. Calixarenes Derivatives as Carriers in Liquid Membrane Transport. *Desalination*. 148. 253-256
- Neri, P., Geraci, C.M and Piatellu, M. 1993. Conformation Isomerism of Calix[6]arenes : Isolation of Two Conformational Isomerism of The 1,2-Bis(p-tertbutylbenzyl) Ether of p-tert-Butylcalix[6]arene. *J. Org. Chem.* 58. 6535-6537
- Noerdin, Dasli. 1985. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik dengan Cara Spektroskopi Ultra Lembayung Dan Inframerah*. Angkasa: Bandung
- Nurhanifa, F. 2013. Sintesis Senyawa *p-t*-butil-heksa-esterkaliks[6]arena dan Penggunaannya Sebagai Ekstraktan Logam Berat Cr(III). *Skripsi*. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta
- Ohki, A and Maeda, S. 1994. Sodium Ion-Selective Extraction Based on Dibenzo-16-crown-5 Coumpounds with Positife Amide Groups. *Anal. Chem.* 66. 10.1734-1746
- Ohto , Y.K., Yamaga, H., Murakami, E., dan Inoue, K. 1987. Specific Extraction Behavior of Amide Derivative of Calix[4]arene for Slilver (I) and Gold (III) Ions from Highly Acidic Choride Media. *Talanta*. 44. 1123-1130
- Parzuchowski, P., Malinowska, E., Rokicki, G., Bazozka,Z., Bohmer, V., Arnaud-Neu, F., and Souley, B. 1999. *New J Chem.* 23.757-763
- Polar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta : Jakarta
- Prabawati, S.Y., Jumina, Santoso, Sri Juara dan Mustofa. 2009. Sintesis Polimer Poli-37-monoalil-38,39,40,41,42-pentahidroksi-kaliks[6]arena dari p-t-butilfenol. *Jurnal Kimia Organik*. UIN Sunan Kalijaga : Yogyakarta
- Prabawati, S. Y., 2012. Sintesis dan Penggunaan Poli-Propilkaliks[6]arena sebagai Adsorben serta Uji Aktivitasnya sebagai Antidotum Keracunan Logam Berat. *Disertasi*. FMIPA. Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Prabawati, S. Y., Nurhanifa, F. dan Mukhlasoh. 2013. Pemanfaatan Kaliks[6]arena sebagai Ekstraktan Ion Logam Berat dalam Upaya Penanganan terhadap Pencemaran Lingkungan. *Laporan Penelitian*

Program Hibah Pengembangan Program Studi Kimia. Hibah Pengembangan Prodi Kimia. UIN Sunan Kalijaga : Yogyakarta.

- Sastrohamidjojo, Hardjono. 2007. *Spektroskopi*. Liberty: Yogyakarta
- Shinkai, S., Mori, S., Koreishi, H., Tsubaki, T., and Manabe, O. 1986. Hexasulphonatecalix[6]arene derivative a New Class Catalyst, Surfactants and Host Molecules. *J. Am. Chem. Soc.*, 108. 2409-2416.
- Shriner, R.L., Hermann, C.K.F., Morrill, T.C., Curtin, D.Y., Fuson, R.C., 2004. *The Systematic Identification of Organic Compounds*. John Wiley & Sons, Inc., New York
- Silverstein R.M., Webster F.X., Kiemle D.J., 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, seventh edition, John Wiley & Sons Inc. New York
- Sivaiah, M. V., Venkatesan, K.A., Sasidhar, P., Krishna, R.M., and Murthy, G. S. 2004. Ion Exchange Studies of Cerium(III) on Uranium Antimonate. *J. Nucl. Radiochem. Sci.* 5.1. 7-10.
- Snoeyink, V.L., and Jenkin, D., 1980. *Water Chemistry*, John Wiley & Sons, New York.
- Soedarsono, J.W., M. Burgard, Z. Asfari, dan J. Vicens. 1993. Liquid-liquid Extraction of Sodium and Potassium Using 25,27-Dicarboxy-26-28-Dimethoxy-5,11,17,23-Tetra-tert-butylcalix[4]arene. *New. J. Chem.* 17. 601-605.
- Stumm, W., and Morgan. 1981. *Aquatic Chemistry*. John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Sugiyarto, Kristian Handoyo. 2000. *Kimia Anorganik I*. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta : Yogyakarta.
- Utomo, S.B., 2007. Sintesis Senyawa Polipropilenkaliks[4]arena Berbahan Dasar 4-t-butylfenol sebagai "Host" Polimer Makrosiklik yang Efektif untuk Menjebak Logam Berat Pb(II). *Thesis*. Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Vogel, 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Bagian I*. PT. Kalman Media Pustaka : Jakarta

LAMPIRAN 1**Pengaruh Keasaman pH Awal Larutan Ion Logam Cr(III) terhadap Ekstraktan**

Berat ekstraktan=0,03 gram, volume larutan=10 mL, waktu interaksi= 1,5jam

Tabel 4.1 Hasil perhitungan proses ekstraksi pada variasi pH awal

pH	[Cr ³⁺] Awal	[Cr ³⁺] Akhir	[Cr ³⁺] Organik	D	%E
2	4,653	4,568	0,085	0,018	1,76
3	4,427	3,975	0,442	0,111	9,99
4	5,427	4,035	1,392	0,443	25,59
5	1,875	1,042	0,833	0,799	44,41
6	1,254	1,028	0,226	0,219	17,96

pH optimum ekstraksi = 5

LAMPIRAN 2

Pengaruh Waktu Kontak Ion Logam Berat Cr(III) terhadap Daya Ekstraksi Senyawa *p-t*-butil-heksa-asamkaliks[6]arena

Berat ekstraktn = 0,03 gram, volume larutan = 10 mL, pH larutan = 5

Tabel 4.2 Hasil perhitungan proses ekstraksi pada variasi waktu

Waktu (menit)	[Cr ³⁺] Awal	[Cr ³⁺] Akhir	[Cr ³⁺] Organik	D	%E
30	6,228	5,848	0,380	0,065	6.1
60	6,124	5,296	0,828	0,156	13.49
90	7,022	5,227	1,775	0,339	25.31
120	6,504	5,054	1,000	0,182	15.39
150	6,435	5,468	0,207	0,033	3.19

Waktu Kontak Optimum = 120 menit

LAMPIRAN 3

**Perhitungan Persentasi Ekstraksi Senyawa *p-t*-butil-heksa-
asamkaliks[6]arena Terhadap Logam Cr(III) pada Variasi pH**

pH Perhitungan

$$\begin{aligned} 2 \quad C_{org} &= C_{awal} - C_{akhir} \\ &= 4,653 - 4,568 = 0,085 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{C_{org}}{C_{sampel}} \\ &= \frac{0,085}{4,568} = 0,018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,018}{[0,018]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{1,76\%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \quad C_{org} &= C_{awal} - C_{akhir} \\ &= 4,427 - 3,975 = 0,442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{C_{org}}{C_{sampel}} \\ &= \frac{0,442}{3,975} = 0,111 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,111}{[0,111]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{9,99\%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4 \quad C_{org} &= C_{awal} - C_{akhir} \\ &= 5,427 - 4,035 = 1,392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{C_{org}}{C_{sampel}} \\ &= \frac{1,392}{4,035} = 0,344 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,344}{[0,344]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{25,59\%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5 \quad C_{org} &= C_{awal} - C_{akhir} \\ &= 1,875 - 1,042 = 0,833 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{C_{org}}{C_{sampel}} \\ &= \frac{0,833}{1,042} = 0,799 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,833}{[0,833]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{44,41\%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6 \quad C_{org} &= C_{awal} - C_{akhir} \\ &= 1,254 - 1,028 = 0,226 \end{aligned}$$

$$D = \frac{C_{org}}{C_{sampel}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,226}{1,028} = 0,219 \\ \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,219}{[0,219]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{17,96 \%} \end{aligned}$$



LAMPIRAN 4

**Perhitungan Persentasi Ekstraksi Senyawa *p-t*-butil-heksa-
asamkaliks[6]arena Terhadap Logam Cr(III) pada Variasi Waktu**

Waktu	Perhitungan
30 menit	$\begin{aligned} \text{Corg} &= \text{C awal} - \text{C akhir} \\ &= 6,228 - 5,848 = 0,38 \\ D &= \frac{\text{Corg}}{\text{Csampel}} \\ &= \frac{0,38}{5,848} = 0,065 \\ \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,065}{[0,065]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{6,1\%} \end{aligned}$
60 menit	$\begin{aligned} \text{Corg} &= \text{C awal} - \text{C akhir} \\ &= 6,124 - 5,296 = 0,828 \\ D &= \frac{\text{Corg}}{\text{Csampel}} \\ &= \frac{0,828}{5,296} = 0,156 \\ \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,156}{[0,156]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{13,49\%} \end{aligned}$
90 menit	$\begin{aligned} \text{Corg} &= \text{C awal} - \text{C akhir} \\ &= 7,002 - 5,227 = 1,775 \\ D &= \frac{\text{Corg}}{\text{Csampel}} \\ &= \frac{1,775}{5,227} = 0,339 \\ \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,339}{[0,339]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{25,31\%} \end{aligned}$
120 menit	$\begin{aligned} \text{Corg} &= \text{C awal} - \text{C akhir} \\ &= 6,504 - 5,504 = 1 \\ D &= \frac{\text{Corg}}{\text{Csampel}} \\ &= \frac{1}{5,504} = 0,182 \\ \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,182}{[0,182]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{15,39\%} \end{aligned}$
150 menit	$\begin{aligned} \text{Corg} &= \text{C awal} - \text{C akhir} \\ &= 6,435 - 6,228 = 0,207 \\ D &= \frac{\text{Corg}}{\text{Csampel}} \end{aligned}$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,207}{6,228} = 0,033 \\ \% E &= \frac{D}{D+1} \times 100 \\ &= \frac{0,033}{[0,033]+1} \times 100 \\ &= \mathbf{3,19 \%} \end{aligned}$$



