

**PENGAMBILAN ION LOGAM BERAT DENGAN BIOSURFAKTAN
HASIL BIOTRANSFORMASI MINYAK KEDELAI
OLEH *Pseudomonas aeruginosa***



Disusun Oleh :

**SOPHIA ERAWATI
M0301045**

SKRIPSI

Ditulis dan diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar
Sarjana Sains Kimia

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMUPENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

SURAKARTA

2007

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dibimbing oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Venty Suryanti, M.Phil
NIP. 132 162 026

Sri Hastuti, M.Si
NIP. 132 162 562

Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 23 Mei 2007

Anggota Tim Penguji

1. Dr. rer. nat. Fajar Rakhman Wibowo, M.Si 1.....
NIP. 132 258 067

2. Drs. Pranoto, M.Sc 2.....
NIP. 131 415 239

Disahkan oleh

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Dekan,

Ketua Jurusan Kimia,

Prof. Drs. Sutarno, M.Sc, Ph.D
NIP. 131 649 948

Drs. Sentot Budi R, Ph.D.
NIP. 131 570 162

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “PENGAMBILAN ION LOGAM BERAT DENGAN BIOSURFAKTAN HASIL BIOTRANSFORMASI MINYAK KEDELAI OLEH *Pseudomonas aeruginosa*” ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat kerja atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Surakarta, Mei 2007

SOPHIA ERAWATI

ABSTRAK

Sophia Erawati. 2007. PENGAMBILAN ION LOGAM BERAT DENGAN BIOSURFAKTAN HASIL BIOTRANSFORMASI MINYAK KEDELAI OLEH *Pseudomonas aeruginosa*. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret.

Telah dipelajari kemampuan pengambilan ion logam Pb, Cd, dan Cu menggunakan biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *Pseudomonas aeruginosa*. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh pH larutan dan lamanya waktu kontak terhadap kemampuan biosurfaktan dalam mengambil logam Pb, Cd, dan Cu.

Proses pengambilan ion logam Pb, Cd, dan Cu dilakukan dengan menggunakan metode *batch*. Analisis konsentrasi ion logam Pb, Cd, dan Cu dilakukan dengan Spektroskopi serapan atom. Banyaknya ion logam yang terambil ditentukan dengan menghitung selisih antara konsentrasi ion logam yang terdapat dalam larutan sebelum dan sesudah proses pengambilan berlangsung. Studi awal dilakukan untuk mengetahui perbandingan presentase pengambilan antara biosurfaktan hasil pemurnian parsial (*chlo-biospasoy*) dan *crude biosurfaktan (crude biospasoy)* terhadap logam Pb pada pH 4 dan 6 dan waktu kontak 5 dan 10 menit. Hasil menunjukkan bahwa presentase pengambilan *chlo-biospasoy* dan *crude biospasoy* relatif sama, oleh karena itu *crude biospasoy* selanjutnya digunakan untuk proses pengambilan ion logam Pb, Cd, dan Cu. Variasi pH larutan yang dilakukan adalah 2, 4, dan 6, sedangkan variasi waktu kontak adalah 0, 5, 10, 20, 30, 40, dan 60 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengambilan ion logam Pb optimum pada pH 4 dengan waktu kontak 5 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar 0,3130 mg/g. Untuk ion logam Cd optimum pada pH 6 dengan waktu kontak 10 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar 0,1693 mg/g, dan ion logam Cu optimum pada pH 6 dengan waktu kontak 10 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar 0,1149 mg/g. Dari hasil optimasi ketiga logam diperoleh kondisi optimum untuk logam bersaing pada pH 4 dan waktu kontak 10 menit dan diperoleh kapasitas penyerapan untuk ion logam Pb sebesar 0,4876 mg/g, ion logam Cd sebesar 0,2389 mg/g, dan ion logam Cu sebesar 0,0275 mg/g. Pada pengambilan ion logam dalam limbah pencucian perak dilakukan pada pH 4 dan waktu kontak 10 menit, diperoleh kapasitas penyerapan sebesar 0,2106 mg/g untuk ion logam Pb, 0,0379 mg/g untuk ion logam Cd, dan 0,1152 mg/g untuk ion logam Cu.

Kata kunci : Biosurfaktan, *Pseudomonas areuginosa*, minyak kedelai, ion logam berat.

ABSTRACT

Sophia Erawati. 2007. REMOVAL OF HEAVY METAL IONS USING BIOSURFACTANT PRODUCT OF BIOTRANSFORMATION SOYBEAN OIL BY *Pseudomonas aeruginosa*. Thesis. Mathematics and Science Faculty. Sebelas Maret University.

Removal of heavy metal ions using biosurfactant product of biotransformation soybean oil by *Pseudomonas aeruginosa* had been studied. This research was conducted to study the effect of initial pH solution and the time contact to the ability of biosurfactant in removing Pb, Cd, and Cu.

Processes were conducted in *batch* method. Atomic absorption spectroscopy was used to determine the concentration of metal ions. The loading of metal ions was determined by counting the difference between Pb, Cd, and Cu concentration before and after the removal process. Removal Pb using crude biosurfactant (*crude biospasoy*) and partial purification biosurfactant (*chlo-biospasoy*) had been done. The result showed that the percentage removal Pb of *crude biospasoy* and *chlo-biospasoy* almost the same, so that *crude biospasoy* was used for the next experiment. The variation of initial pH were 2, 4, and 6 and variation of the time contact were 0, 5, 10, 20, 30, 40, and 60 minutes.

The result showed that the removal process of Pb reached optimum condition in pH 4 and the time contact was 5 minutes with the value of capacity removal was 0.3130 mg/g. Removal process of Cd reached optimum condition in pH 6 and the time contact was 10 minutes with the value of capacity removal was 0.1693 mg/g. Removal process of Cu reach optimum condition in pH 6 and the time contact was 10 minutes with the value of capacity removal was 0.1149 mg/g. From the result of three metal ions removal obtained optimum condition for removing of competitive metals was at pH 4 and the time contact 10 minutes, result showed that the value capacity of removal was 0.4876 mg/g for Pb, 0.2389 mg/g for Cd, and 0.0275 mg/g for Cu. The removal of silver industry waste water was conducted at pH 4 and time contact 10 minutes. The value of capacity for removal waste water was 0.2106 mg/g for Pb, 0.0379 mg/g for Cd, and 0.1152 mg/g for Cu.

Keywords : Biosurfactant, *Pseudomonas aeruginosa*, Soybean oil, Heavy metal ions,

MOTTO

Adakalanya sesuatu yang kamu benci adalah baik
buatmu,
dan adakalanya sesuatu yang kamu suka adalah buruk
buatmu.

(Q.S. Al-Baqarah : 216)

Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan,
Jangan lihat masa depan dengan ketakutan,
Tapi lihatlah sekitar kamu dengan penuh kesadaran.

(James Thurber)

PERSEMBAHAN

Karya ini aku persembahkan untuk :

Bapak dan Ibu Tercinta

"Rabbigh Firlii Waliwaalidayya Warhamhumaa Kamaa

Rabbayaanii Shoghiiraa"

Mas Eko dan Mbak Dewi

" Hidup adalah Perjuangan, jangan pernah menyerah."

Mas "Roef"-ku

"Jangan berhenti membimbing aku jadi insan yang lebih baik"

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan anugrah yang tiada henti. Segala pujian kepadaNya yang telah mengaruniakan keselamatan kepada kita hingga akhir jaman.

Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak sekali bantuan, bimbingan, arahan dan petunjuk yang diberikan kepada penulis sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Sutarno, M.Sc, Ph.D Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
2. Bapak Drs Sentot Budi Rahardjo, Ph.D, Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
3. Ibu Dra Khoirina DN, M.Si dan Ibu Dra Neng Sri Suharty, MSc,Ph.D, Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan nasehat dan menumbuhkan semangat.
4. Ibu Venty Suryanti, M.Phil, Pembimbing I atas bantuan, arahan dan kesabaran dalam membimbing penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Sri Hastuti, M.Si, Pembimbing II atas bantuan, arahan dan kesabaran dalam membimbing penyusunan skripsi ini.
6. Para laboran di Laboratorium Kimia FMIPA, Sub Laboratorium Biologi dan Sub Laboratorium Kimia Laboratorium Pusat MIPA UNS, atas kerjasama yang baik.
7. Teman-teman seperjuangan (Inge, Kresna, Wiwin, Didik, Rere), terimakasih atas kerjasama dan dukungan morilnya. Tetap Semangat!
8. Sahabat yang selalu ada (Dina, Sari, Siska, Irma, Dewi, Tia), berbagi bersama kalian adalah saat-saat yang paling menyenangkan. I Love You, All.

9. Semua anak kimia '01 dan semua pihak yang telah membantu, yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan. Akhir kata, semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah penulis terima.

Surakarta, Mei 2007

Sophia Erawati

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Perumusan Masalah.....	2
1. Identifikasi Masalah.....	2
2. Batasan Masalah.....	3
3. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. LANDASAN TEORI.....	5
A. Tinjauan Pustaka	5
1. Biosurfaktan	5
2. Biosurfaktan Hasil Biotransformasi Minyak Nabati oleh <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5
3. Logam Berat.....	9
4. Pengambilan Ion Logam Berat.....	12
5. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	13
B. Kerangka Pemikiran	14

C. Hipotesis	15
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	16
A. Metode Penelitian.....	16
B. Waktu dan Tempat Penelitian	16
C. Alat dan Bahan	16
D. Prosedur Penelitian.....	18
1. Sintesis Biosurfaktan pada Kondisi Optimum	18
2. Pembuatan Larutan Induk Pb, Cd, dan Cu 1000 ppm.....	19
3. Studi Awal Perbandingan Presentase Pengambilan Ion Logam Pb oleh <i>chlo-biospasoy</i> dan <i>crude biospasoy</i>	19
4. Pembuatan Larutan Induk Logam Bersaing.....	20
5. Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum.....	20
6. Penyerapan Media <i>Nutrient Broth</i> + Minyak Kedelai Terhadap Ion Logam Cd, dan Cu	21
7. Pengambilan <i>crude biospasoy</i> Terhadap Logam Bersaing	21
8. Pengambilan <i>crude biospasoy</i> Terhadap Ion Logam Tunggal	21
9. Penentuan Konsentrasi Awal Logam dalam Limbah Pencucian Perak	21
10. Pengambilan Logam Cu, Cd, dan Pb dalam Limbah Pencucian Perak oleh <i>crude biospasoy</i>	22
E. Teknik Pengumpulan Data	22
F. Analisis Data.....	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Studi Awal Perbandinga Pengambilan Ion Logam Pb oleh <i>crude biospasoy</i> dan <i>chlo-biospasoy</i>	24
B. Pengambilan Ion Logam Cu, Cd, dan Pb oleh <i>crude biospasoy</i> Dengan Metode <i>batch</i>	26
1. Penentuan pH dan Waktu Kontak Optimum Ion Logam Pb..	26
2. Penentuan pH dan Waktu Kontak Optimum Ion Logam Cd .	28
3. Penentuan pH dan Waktu Kontak Optimum Ion Logam Cu .	29

C. Pengambilan Ion Logam Bersaing oleh <i>crude biospasoy</i>	31
D. Pengambilan Logam dalam Limbah Pencucian Perak oleh <i>crude biospasoy</i>	35
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
A Kesimpulan	37
B. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Beberapa Contoh Biosurfaktan beserta sifat, mikroorganisme dan strukturnya.....	6
Tabel 2. Serapan Minyak Kedelai dan <i>chlo-biospasoy</i> pada Spektrum FT-IR oleh Muliawati	8
Tabel 3. Pengambilan Ion Logam Pb, Cd, dan Cu oleh Media <i>Nutrient Broth</i> pada pH 4 dan Waktu Kontak 10 menit.....	32

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Spektra Minyak Kedelai dan <i>chlo-biospasoy</i> pada Spektrum FT-IR oleh Muliawati	7
Gambar 2. Beberapa Perkiraan Struktur Biosurfaktan Hasil Biotransformasi Asam Oleat oleh Dipayana.....	9
Gambar 3. Perbandingan Presentase Pengambilan 0,1 g <i>chlo-biospasoy</i> dan 1 ml <i>crude biospasoy</i> Terhadap Ion Logam Pb pada pH 4 Waktu kontak 5 dan 10 menit	24
Gambar 4. Perbandingan Presentase Pengambilan 0,1 g <i>chlo-biospasoy</i> dan 1 ml <i>crude biospasoy</i> Terhadap Ion Logam Pb pada pH 6 Waktu kontak 5 dan 10 menit	25
Gambar 5. Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Logam Pb oleh 2 ml <i>crude biospasoy</i>	27
Gambar 6. Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Presentase Pengambilan Ion Logam Pb oleh 2 ml <i>crude biospasoy</i>	27
Gambar 7. Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cd oleh 2 ml <i>crude biospasoy</i>	28
Gambar 8. Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Presentase Pengambilan Ion Logam Cd oleh 2 ml <i>crude biospasoy</i>	29
Gambar 9. Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cu oleh 2 ml <i>crude biospasoy</i>	30
Gambar 10. Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Presentase Pengambilan Ion Logam Cu 2 ml <i>crude biospasoy</i>	30
Gambar 11. Kapasitas Penyerapan 2 ml <i>crude biospasoy</i> Terhadap Ion Logam Bersaing dengan Waktu Kontak 5 dan 10 menit dan pH 4	33
Gambar 12. Kapasitas Penyerapan 2 ml <i>crude biospasoy</i> Terhadap Ion Logam Bersaing dengan Waktu Kontak 5 dan 10 menit Dan pH 6	33

Gambar 13. Perbandingan Kapasitas Penyerapan Ion Logam Tunggal dan Ion Logam Bersaing Pada pH 4 dan Waktu Kontak 10 menit.....	34
Gambar 14. Kapasitas Penyerapan 2 ml <i>crude biospasoy</i> Terhadap Limbah Pencucian Perak	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Cara Kerja	43
Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Larutan Standar Logam Pb, Cd, dan Cu 1000 ppm	52
Lampiran 3. Studi Awal Perbandingan Pengambilan Ion Logam Pb oleh <i>crude biospasoy</i> dan <i>chlo-biospasoy</i>	53
Lampiran 4. Pengambilan ion Logam Pb oleh <i>crude biospasoy</i>	55
Lampiran 5. Uji Statistik Metode Duncan Untuk Pengambilan ion Logam Pb oleh <i>crude biospasoy</i>	61
Lampiran 6. Pengambilan Ion Logam Cd oleh <i>crude biospasoy</i>	64
Lampiran 7. Uji Statistik Metode Duncan Untuk Pengambilan Ion Logam Cd oleh <i>crude biospasoy</i>	70
Lampiran 8. Pengambilan Ion Logam Cu oleh <i>crude biospasoy</i>	73
Lampiran 9. Uji Statistik metode Duncan Untuk Pengambilan Ion Logam Cu oleh <i>crude biospasoy</i>	79
Lampiran 10. Uji Statistik Metode Duncan Untuk Ketiga Logam (Logam Bersaing)	82
Lampiran 11. Penyerapan Ion Logam Pb, Cd, dan Cu oleh <i>Media Nutrient Broth</i>	86
Lampiran 12. Pengambilan Logam Bersaing oleh <i>crude biospasoy</i>	89
Lampiran 13. Pengambilan Ion Logam Tunggal Oleh <i>Crude biospasoy</i> Pada pH 4 dan Waktu Kontak 10 menit.....	93
Lampiran 14. Pengambilan Ion Logam dalam limbah Pencucian Perak oleh <i>crude biospasoy</i>	94

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Negara Indonesia adalah negara berkembang. Salah satu aspek yang sedang dikembangkan bangsa Indonesia adalah aspek ekonomi, yang sekarang cenderung menggeser posisi struktur ekonominya dari struktur ekonomi agraris menjadi struktur ekonomi industri. Semakin banyaknya industri yang ada di Indonesia mengakibatkan semakin banyak pula limbah buangan industri yang berakibat pencemaran lingkungan. Salah satu contoh limbah yang merusak lingkungan adalah limbah yang mengandung logam berat.

Logam-logam berat seperti Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III), Cd(II), dan Pb(II) merupakan jenis logam yang sering kali menimbulkan masalah lingkungan perairan di kawasan industri, hal tersebut dikarenakan karakter dari logam berat yang dapat bersifat racun bagi lingkungan dan manusia. Beberapa cara telah dilakukan untuk mengolah limbah-limbah tersebut sebelum dibuang ke perairan bebas. Cara yang biasa digunakan dalam pengambilan logam adalah metode ekstraksi cair-cair dan metode transport membran cair.

Metode ekstraksi cair-cair kurang efisien karena menggunakan pelarut yang sangat banyak sehingga sangat mahal untuk diaplikasikan dalam skala industri (Chen, Dick, dan Sterter, 1995). Metode transport membran cair mempunyai kelemahan karena menggunakan ligan yang sangat selektif terhadap logam tertentu. Tidak ada ligan yang dapat digunakan untuk mengambil berbagai logam dalam limbah cair (Hiratani dan Yamaguchi, 1990). Cara lain yang sedang dikembangkan adalah metode pengambilan ion logam berat dengan menggunakan adsorben dari biomassa. Beberapa penelitian telah berhasil menggunakan adsorben dari biomassa untuk mengambil ion logam berat, antara lain Sakrani Dewi (2003) menggunakan biomassa *Aspergillus oryzae* terimobilisasi untuk mengambil ion logam Ni (II), Hafifi (2005) memanfaatkan biomassa *saccharomyces cerevisiae* untuk mengambil ion logam Zn, dan alang-alang telah berhasil dimanfaatkan oleh Isnurzaman untuk mengambil ion logam Ni.

Herman, Artiola, dan Miller (1995) telah menggunakan biosurfaktan rhamnolipid untuk mengambil logam Cd, Pb, dan Zn dari tanah. Penggunaan rhamnolipid untuk mengambil logam berat didasarkan pada gugus hidroksil yang dimiliki rhamnolipid. Gugus hidroksi rhamnolipid mampu berikatan dengan ion logam berat. Aplikasi biosurfaktan dalam pengambilan berbagai logam dalam limbah cair mempunyai potensi yang sangat bagus, sehingga pengembangan metode pengambilan logam dengan cara ini sangat penting untuk dilakukan.

Untuk mengambil ion logam berat, biosurfaktan harus memiliki gugus aktif yang mampu mengikat ion logam berat. Dari data FT-IR penelitian Muliawati (2006), diketahui bahwa biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *Pseudomonas aeruginosa* yang belum dimurnikan (*crude biospasoy*) maupun biosurfaktan hasil pemurnian parsial (*chlo-biospasoy*) memiliki gugus OH yaitu gugus karboksilat dan OH pada rantai alifatiknya. Gugus karboksilat dapat melepaskan ion H^+ sehingga akan berubah menjadi anion yang dapat berikatan dengan ion logam berat.

Dalam penelitian ini dipelajari kemampuan pengambilan ion logam berat Pb, Cd, dan Cu oleh *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy* pada berbagai variasi pH larutan, dan lamanya waktu kontak sehingga akan diperoleh kondisi optimum. Hasil yang diperoleh dari optimasi pH larutan dan waktu kontak digunakan untuk penelitian selanjutnya yaitu pengambilan ion logam bersaing dan ion logam dalam limbah menggunakan *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy*.

B. Perumusan Masalah

1. Identifikasi Masalah

Beberapa permasalahan yang perlu dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Metode yang dapat digunakan pada proses pengambilan logam berat oleh *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy* ada beberapa macam antara lain metode *batch* dan metode *continuous*, sehingga perlu pemilihan metode yang tepat.

2. Logam berat yang terdapat di dalam limbah banyak sekali, antara lain logam Hg, Pb, Cu, Cd, Cr, dan lain-lain, sehingga perlu dilakukan pemilihan logam yang digunakan.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengambilan ion logam antara lain pH larutan, waktu kontak, konsentrasi awal larutan, dan temperatur.
4. Perlu dilakukan pemilihan limbah yang mengandung beberapa jenis logam berat untuk tahap aplikasi.

2. Batasan Masalah

1. Metode yang digunakan adalah metode *batch*
2. Logam berat yang digunakan pada penelitian ini adalah Pb, Cd, dan Cu
3. Variasi pH pada larutan ion logam berat pada suasana asam yaitu pH 2, 4, dan 6. Waktu kontak yang digunakan dalam proses pengambilan ion logam berat adalah 0, 5, 10, 20, 30, 40, dan 60 menit.
4. Limbah yang digunakan adalah limbah industri pencucian perak.

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah-masalah yang telah diidentifikasi dan dibatasi di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy* dapat digunakan untuk pengambilan ion logam Pb, Cd, dan Cu ?
2. Bagaimana pH dan waktu kontak optimum dari pengambilan ion logam Pb, Cd, dan Cu oleh *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy*?
3. Bagaimana kapasitas penyerapan ion logam Pb, Cd, dan Cu oleh *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy* pada pH dan waktu kontak optimum?
4. Bagaimana kapasitas penyerapan *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy* terhadap ion logam dalam limbah pencucian perak?

C. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui apakah *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy* dapat digunakan untuk mengambil ion logam berat Pb, Cd, dan Cu.
- b. Mengetahui kondisi pH dan waktu kontak yang optimum dalam proses pengambilan ion logam berat Pb, Cd, dan Cu oleh *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy* dan kapasitas penyerapannya terhadap ion logam tunggal, ion logam bersaing, dan limbah pencucian perak.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian, manfaat penelitian ini adalah:

1. Secara teoritis memberikan informasi tentang kapasitas penyerapan ion logam berat oleh *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy*.
2. Secara praktis dapat digunakan sebagai metode alternatif pengambilan ion logam berat.

BAB II LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka.

1. Biosurfaktan

Biosurfaktan adalah surfaktan hasil biotransformasi suatu organisme saat tumbuh dalam media yang terdiri dari sumber karbon (Kosaric, gray, dan Cairns, 1987). Biosurfaktan disintesis dari bakteri, ragi, dan jamur. Ragi dan jamur lebih suka menggunakan n-alkana linear dan jenuh sementara penambahan bakteri mendegradasi isoalkana dan sikloalkana seperti senyawa aromatik tidak jenuh. Sintesis ini sering kali regio-, stereo- dan selektif gugus (Fiechter, 1992 dalam Ghazali dan Ahmad, 1997).

Seperti halnya surfaktan sintetik, biosurfaktan memiliki gugus hidrofobik dan gugus hidrofilik. Bagian hidrofobik biasanya merupakan rantai karbon asam karboksilat yang secara kovalen disambung oleh ester atau ikatan amida pada bagian hidrofiliknya (Ghazali dan Ahmad, 1997).

Berdasarkan struktur dari bagian hidrofilik, biosurfaktan diklasifikasikan ke dalam lima tipe, yaitu : Lipopeptida, glikopeptida, glikolipid, liposakarida, lipid netral dan asam lemak atau fosfolipida (Jenny, 1991; Mulligan, 1989; Sasidharan, 1993b, Wagner, 1998 dalam Ghazali dan Ahmad, 1997). Beberapa contoh biosurfaktan yang telah berhasil disintesis dari berbagai mikroorganisme dapat dilihat pada tabel 1.

2. Biosurfaktan Hasil Biotransformasi Minyak Nabati oleh *Pseudomonas aeruginosa*

Minyak nabati telah berhasil digunakan sebagai sumber karbon tambahan dalam proses pembuatan biosurfaktan melalui biotransformasi oleh *Pseudomonas aeruginosa*. Beberapa macam minyak nabati yang telah digunakan antara lain minyak kedelai dan minyak jagung.

Biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *Pseudomonas aeruginosa* merupakan biosurfaktan anionik dan memiliki sistem emulsi *oil in water* (o/w). Proses sintesis biosurfaktan ini dengan cara menginokulasi biakan

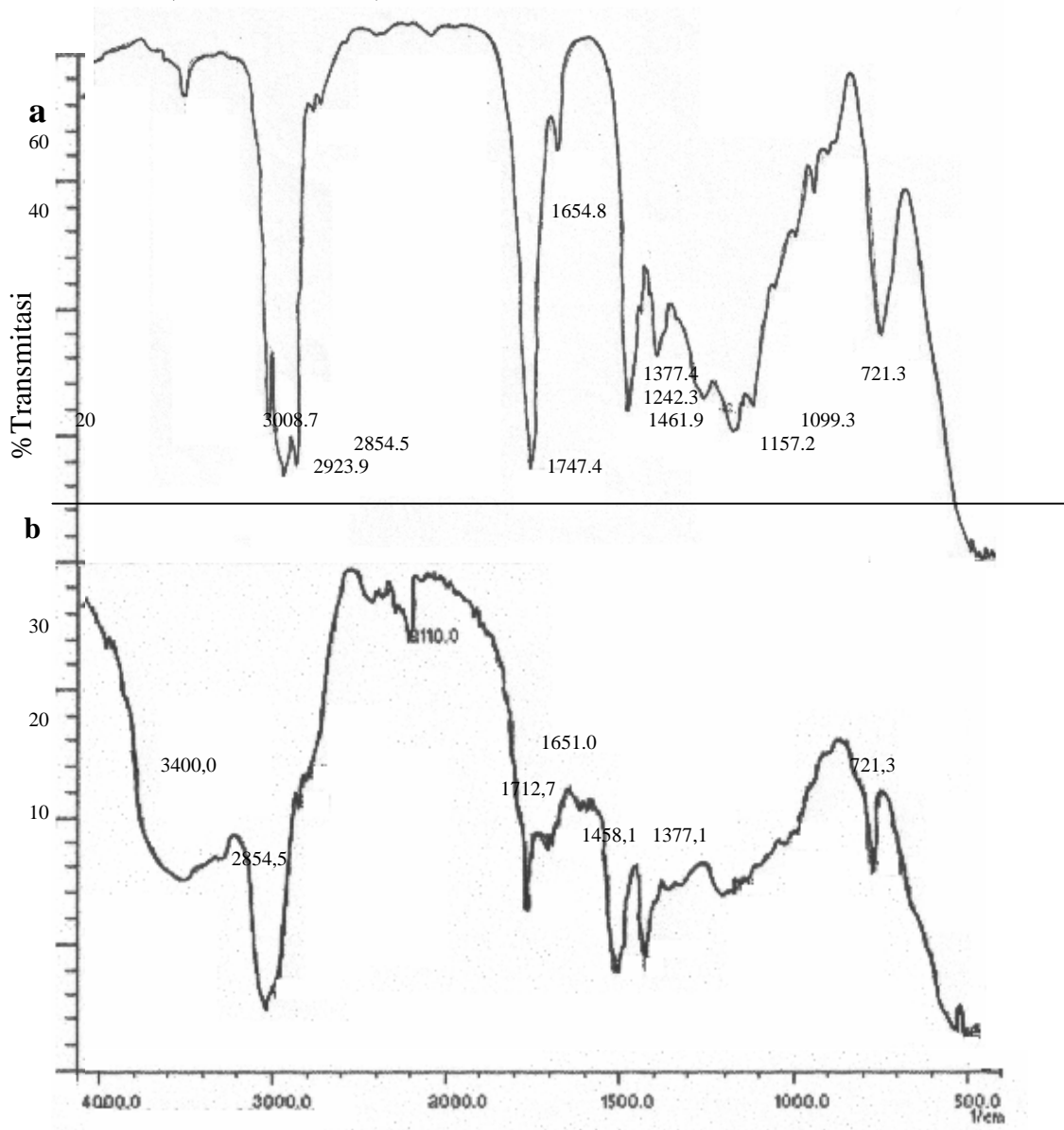
Pseudomonas aeruginosa ke dalam medium cair yang mengandung minyak kedelai 10 % (v/v) sebagai sumber karbon tambahan. Lama fermentasi pembuatan biosurfaktan adalah 7 hari. Pemurnian parsial biosurfaktan dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut n-heksan yang dilanjutkan dengan ekstraksi menggunakan pelarut kloroform. Biosurfaktan yang dihasilkan berwarna coklat kekuningan dan sedikit berbau menyengat dengan Konsentrasi Kritik Missel (KKM) sebesar 859,369 mg/L. Biosurfaktan ini memiliki gugus OH pada gugus karboksilat dan rantai alifatiknya sebagai gugus hidrofilik, dan rantai karbon alifatik sebagai gugus hidrofobik (Muliawati, 2006). Spektra FT-IR *chlo-biospasoy* dapat dilihat pada Gambar 1 dan serapan FT-IR *chlo-biospasoy* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Beberapa contoh biosurfaktan beserta sifat, mikroorganisme dan strukturnya.

Senyawa	sifat	mikroorganisme	struktur
Sophorolipid	nonionic atau Anionic, ekstraselular	<i>Torulopsis sp.</i> <i>Candida bogoriensis</i>	
Rhamnolipid	anionik, ekstraseluler	<i>Pseudomonas sp.</i>	

Sumber : Ghazali dan Ahmad (1997)

Gambar 1. Spektra minyak kedelai dan *chlo-biospasoy* pada spektrum FT-IR (Muliawati, 2006)

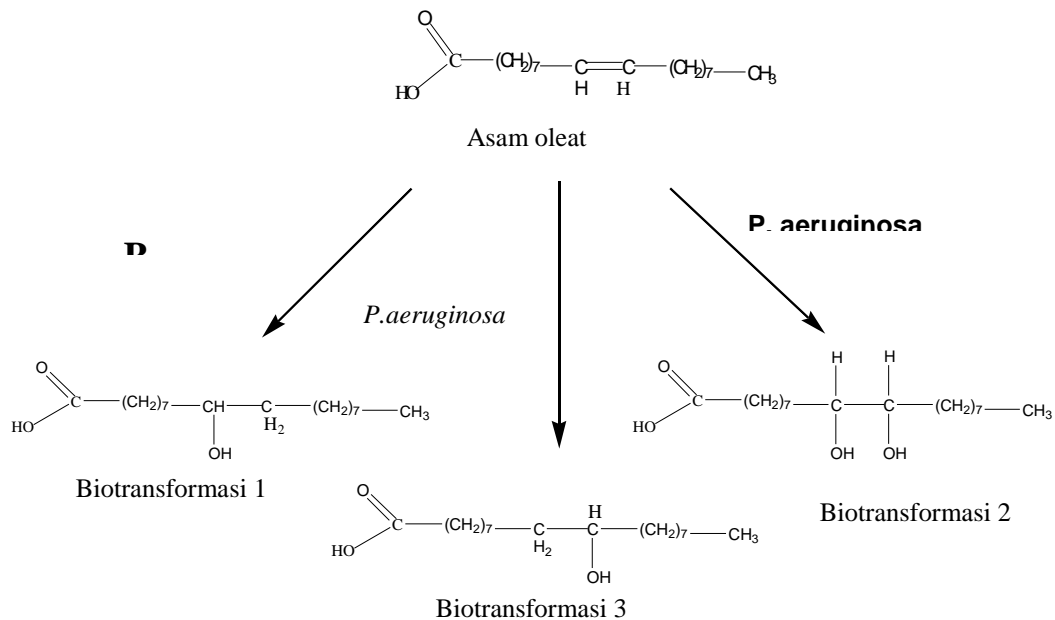


Keterangan : a. Serapan minyak kedelai
b. Serapan *chlo-biospasoy*

Tabel 2. Serapan minyak kedelai dan *chlo-biospasoy* pada Spektrum FT-IR (Muliawati, 2006)

DATA FT-IR		PUSTAKA*		Keterangan
Minyak kedelai	<i>Chlo-biospasoy</i>	ν (cm ⁻¹)	Gugus	
-	3400	3650-3200	OH	Biosurfaktan mengandung gugus hidroksi.
3008,7 2923,9 2854,5	2854,5	3000-2800	CH alifatik	Keduanya mempunyai rantai karbon panjang alifatik
1747,4	1712,7	1850-1650	C=O	Keduanya merupakan senyawa karboksilat yang berarti gugus karboksilat pada asam lemak tidak mengalami perubahan
1654,8	1651,0	1680-1640	C=C	Biosurfaktan yang dihasilkan kemungkinan masih mengandung asam lemak tidak jenuh
1461,9 1377,1	1458,1 1377,1	1440-1395 1320-1210	Uluran C-O Tekukan O-H	Keduanya adalah senyawa alkanoat
721,3	723,1	720	C-H ₂	Keduanya mengandung metilen hidrogen

Seperti halnya biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *Pseudomonas aeruginosa*, proses sintesis dan sifat biosurfaktan hasil biotransformasi minyak jagung juga melalui cara menginokulasi biakan *Pseudomonas aeruginosa* ke dalam media cair yang mengandung minyak jagung 10 % (v/v). Biosurfaktan hasil biotransformasi minyak jagung juga bersifat anionik dan memiliki sistem emulsi *oil in water* (o/w). Biosurfaktan yang dihasilkan berwarna coklat kekuningan dan sedikit berbau menyengat dengan KKM sebesar 985,269 mg/L. Biosurfaktan hasil biotransformasi minyak jagung memiliki gugus OH sebagai gugus hidrofilik dan rantai karbon alifatik sebagai gugus hidrofobik. (Dipayana, 2006). Perkiraan struktur biosurfaktan hasil biotransformasi asam oleat dalam minyak jagung oleh *Pseudomonas aeruginosa* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Beberapa Perkiraan Struktur Biosurfaktan Hasil Biotransformasi Asam Oleat oleh Dipayana (2006).

3. Logam Berat

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaidah-kaidah tertentu. Setiap logam haruslah :

- Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar listrik (konduktor)
- Memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik
- Memiliki kerapatan yang tinggi
- Dapat membuat *alloy* dengan logam lain
- Untuk logam yang padat, dapat ditempa dan dibentuk

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai kerapatan lebih besar dari 5.0 g/ml (Miettinen, 1997). Karakteristik dari logam berat adalah sebagai

berikut :

- Memiliki spesifikasi *gravity* yang sangat besar (lebih dari 4)
- Mempunyai nomor atom 22 – 34 dan 40 – 50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
- Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

a. Timbal (Pb)

Logam Pb mempunyai berat atom 207,29 g/mol, titik lebur 327,4 °C, titik didih 1770 °C an berat jenis 11,35 g/cm³ pada suhu 20 °C (Alloway, dan Aryres, 1997).

Timbal dan persenyawaannya banyak digunakan dalam berbagai bidang. Dalam industri baterai, timbal digunakan sebagai *grid* yang merupakan *alloy* (suatu persenyawaan) dengan logam bismut (Pb-Bi) dengan perbandingan 93:7. Dalam perkembangan industri kimia, dikenal pula *additive* yang dapat ditambahkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor. Persenyawaan yang dibentuk dari logam Pb sebagai *additive* ini ada dua jenis, yaitu tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb.

Pb adalah logam yang bersifat racun terhadap organisme. Sifat ini diakibatkan oleh mudahnya ion logam berikatan dengan gugus fungsi yang terdapat pada protein, karbohidrat, dan lemak makhluk hidup, oleh sebab itu logam ini termasuk sebagai sumber pencemaran.

b. Kadmium (Cd)

Seperti unsur-unsur kimia lainnya terutama golongan logam, logam Cd mempunyai sifat fisika dan kimia tersendiri. Berdasarkan pada sifat fisiknya, Cd merupakan logam lunak, berwarna putih seperti perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang basah atau lembab serta akan cepat mengalami kerusakan bila dikenai oleh uap ammonia dan sulfur hidroksida. Berdasar sifat-sifat kimianya, logam Cd di dalam persenyawaan yang dibentuknya umumnya mempunyai bilangan valensi 2, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1, bila dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung ion OH⁻, ion-ion Cd²⁺ akan mengalami proses pengendapan (Patnaik, 2003).

Logam Cd sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia. Prinsip dasar atau prinsip utama dalam penggunaan kadmium adalah sebagai bahan stabilisasi, sebagai bahan pewarna dalam industri plastik dan

elektroplating. Namun sebagian dari substansi logam Cd ini juga digunakan untuksolder dan *alloy-alloy*nya digunakan pula pada baterai (Palar, 1994).

Logam Cd dan bermacam-macam bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan terutama sekali merupakan efek sampingan dari aktivitas yang dilakukan manusia. Dapat dikatakan bahwa semua bidang industri yang melibatkan Cd dalam proses operasional industrinya menjadi sumber pencemaran Cd.

Dalam *strata* lingkungan, logam Cd dan persenyawaannya ditemukan dalam banyak lapisan. Secara sederhana dapat diketahui bahwa kandungan logam Cd akan dapat dijumpai di daerah-daerah pembuangan sampah dan aliran air hujan dan air buangan.

c. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam transisi berwarna coklat kemerahan dengan nomor atom 29, berat atom relatif 63,546 g/mol, berat jenis 8,94 g/cm³, titik lebur 1083°C dan titik didih 2595°C (Hampel and Hawley, 1973). Ion yang dibentuk oleh tembaga pada umumnya mempunyai tingkat oksidasi +1 dan +2. Ion yang mempunyai tingkat oksidasi +1 disebut ion Cu(I) atau ion kupro dan yang mempunyai tingkat oksidasi +2 disebut ion Cu(II) atau ion kupri. Ion kupri lebih stabil daripada ion kupro (Patnaik, 2003).

Tembaga mempunyai sifat kelistrikan dan konduktivitas termal yang baik, tahan terhadap korosi dan mudah dibuat paduan logam (*alloy*) dengan logam lain (Sax and Lewis, 1987). Sifat-sifat yang dimiliki tembaga tersebut menyebabkan tembaga banyak digunakan dalam kehidupan manusia, antara lain CuO banyak digunakan sebagai katalis, baterai dan elektroda. Senyawa-senyawa Cu-karbonat banyak digunakan sebagai insektisida dan fungisida. Senyawa klorida banyak digunakan untuk pemurnian air dan zat aditif makanan serta digunakan sebagai paduan logam, misalnya perunggu dan kuningan (Palar, 1994).

Unsur tembaga di alam sebagian besar terdapat dalam bentuk persenyawaan, misalnya kalkopirit (CuFeS₂), kalkosit (Cu₂S), bornit (Cu₅FeS₄), tenorit (CuO), dan malasit [CuCO₃.Cu(OH)₂] (Kirk-Othner, 1993).

4. Pengambilan Ion Logam Berat.

Keberadaan ion logam berat di lingkungan dapat menimbulkan dampak yang berbahaya bagi kesehatan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengambil logam berat dari sumber pencemaran antara lain adsorpsi, biosorpsi, ekstraksi cair-cair, transport membran cair, dan pertukaran ion.

Metode adsorpsi telah berhasil digunakan Prowida (2003) untuk mengambil ion logam seng (Zn). Prowida menggunakan alofan yang diaktifasi dengan HCl 3 M sebagai adsorbennya, dan diperoleh waktu kontak optimum 4 jam dengan kapasitas penyerapan 39,9442 mg/g.

Hafifi dan Isnurzaman menggunakan metode biosorpsi untuk mengambil ion logam berat. Hafifi (2005) memanfaatkan biomassa *saccharomyces cerevisiae* untuk mengambil ion logam seng (Zn) dengan perlakuan NaOH. Kondisi optimum yang diperoleh adalah pH 6 dan waktu kontak 20 menit dengan kapasitas penyerapan yang diperoleh sebesar 1,3630 mg/g. Isnurzaman (2005) menggunakan alang-alang untuk mengambil ion logam nikel (Ni), kapasitas penyerapan yang diperoleh pada kondisi optimum, yaitu pH 7 dan waktu kontak 60 menit sebesar 2,1720 mg/g.

Metode ekstraksi telah digunakan Ariwibowo (2004) untuk mengambil ion logam Pb. Ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan Dibenzo-18-crown-6 dan metil orange sebagai *counter ion*. Persen ekstraksi yang diperoleh sebesar 7,236 % pada kondisi optimum, yaitu pH 7,50 dan waktu ekstraksi 5 menit.

Pengambilan ion logam berat menggunakan biosurfaktan telah dilakukan Jeewong Kim dan Vipulanandan (1998). Biosurfaktan yang digunakan adalah UH-Biosurfaktan. UH-Biosurfaktan merupakan biosurfaktan hasil biotransformasi minyak nabati bekas pakai. Kapasitas penyerapan yang diperoleh sebesar 3,7500 mg/g.

5. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

SSA merupakan teknik spektrofotometri yang didasarkan absorpsi energi oleh atom. Untuk dapat terjadi proses absorpsi atom hal yang diperlukan adalah sumber radiasi monokromatik dan alat untuk menguapkan sampel dan memperoleh atom *ground state* dari unsur yang di inginkan. Sekitar 70 unsur dapat ditentukan dengan SSA dengan besarnya konsentrasi sekitar 10 ppm untuk beberapa bahan yang sulit dan jarang, sampai dengan dibawah 1 ppb untuk merkuri.

Adsorpsi mengikuti hukum Lambert-Beer, dan secara langsung sesuai dengan konsentrasi atom yang ada pada nyala (Shugar, 1996). Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unturnya, misalnya natrium menyerap pada 589 nm, uranium pada 358 nm dan kalium pada 766 nm (Sumar Hendayana, 1994).

Sumber sinar pada SSA disebut dengan *hollow cathode lamp*, setiap logam membutuhkan sumber sinar untuk memanaskannya. Hanya satu logam yang dapat dianalisa dalam satu pengukuran. Sebagai contoh, untuk menganalisa sampel perak maka harus digunakan lampu perak. Jika digunakan lampu multi unsur harus diset monokromator pada panjang gelombang logam (Shugar, 1996).

Dalam SSA tidak lepas dari interferensi. Interferensi tersebut dibedakan menjadi interferensi kimia, interferensi ionisasi dan interferensi fisika. Interferensi kimia terjadi karena atom yang diuapkan bereaksi dengan senyawa lain sehingga terbentuk senyawa refraktori. Interferensi ionisasi terjadi karena analit terionisasi dalam nyala yang panas sehingga akan mengurangi sinar absorpsi. Interferensi yang disebabkan karena perubahan karakteristik larutan seperti viskositas, tegangan permukaan, tekanan uap dan suhu merupakan bentuk dari interferensi fisika.

B. Kerangka Pemikiran

Pengambilan ion logam berat menggunakan biosurfaktan rhamnolipid telah berhasil dilakukan. Penggunaan rhamnolipid untuk mengambil logam berat didasarkan pada gugus hidroksil yang dimiliki rhamnolipid. Berdasarkan FT-IR

yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya, diketahui bahwa biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *Pseudomonas aeruginosa* memiliki gugus hidrofobik dan gugus hidrofilik. Gugus hidrofobik ditandai dengan adanya rantai atom C alifatik, sedangkan gugus hidrofilik ditandai dengan adanya gugus karboksilat dan gugus OH pada rantai alifatiknya.

Gugus karboksilat dari biosurfaktan dapat melepaskan atom H, sehingga menjadi bermuatan negatif (anion). Muatan negatif yang terbentuk dapat berikatan dengan kation logam berat. Biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *P. aeruginosa* memiliki Konsentrasi Kritis Missel (KKM) sebesar 859,369 mg/L, oleh karena itu bila digunakan biosurfaktan dengan konsentrasi di atas KKM akan terbentuk missel.

Banyak sekali faktor-faktor yang mempengaruhi pengambilan logam berat oleh crude biosurfaktan (*crude biospasoy*) atau biosurfaktan yang telah dimurnikan secara parsial (*chlo-biospasoy*), antara lain waktu kontak, pH larutan, konsentrasi awal larutan, dan temperatur. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh pH larutan dan lamanya waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan ion logam berat. Variasi pH larutan yang digunakan yaitu pH asam, karena pada pH asam ion logam Pb, Cd maupun Cu belum mengendap. Waktu kontak yang digunakan singkat karena proses pengambilan ion logam menggunakan biosurfaktan adalah proses yang tidak melibatkan metabolisme, sedangkan pengambilan ion logam yang tidak melibatkan proses metabolisme biasanya memerlukan waktu yang singkat.

C. Hipotesis

Crude biospasoy atau *chlo-biospasoy* dapat digunakan untuk mengambil ion logam berat. Kondisi optimum pengambilan ion logam berat pada pH yang asam dan waktu kontak yang singkat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental, yang dilakukan di laboratorium dengan langkah kerja sebagai berikut:

Tahap pertama dari penelitian ini adalah sintesis biosurfaktan yang dilakukan pada kondisi optimum yang telah diperoleh pada penelitian sebelumnya (Muliawati, 2006).

Tahap kedua adalah pengontakan biosurfaktan dengan ion logam Cu, Cd, dan Pb. Variasi yang dilakukan pada proses pengontakan adalah pH larutan dan lamanya waktu kontak, sedangkan untuk mendapatkan konsentrasi logam yang tidak terambil oleh biosurfaktan dilakukan pengukuran sentrat dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Tahap ketiga adalah pengontakan biosurfaktan dengan logam bersaing. Pada proses ini dilakukan pada pH dan waktu kontak optimum dari hasil tahap dua. Kemudian dilanjutkan dengan pengontakan biosurfaktan dengan limbah industri pencucian perak. Diagram alir cara kerja dapat dilihat pada lampiran 1.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2005 sampai Oktober 2006. Sintesis Biosurfaktan dilakukan di Sub Laboratorium Biologi Pusat UNS. Analisis efektifitas presentase pengambilan logam berat dengan SSA dilakukan di Laboratorium Pusat Kimia Sub Laboratorium Pusat MIPA UNS.

C. Alat dan Bahan

1. Alat yang digunakan

- a. Autoclave, Ogawa Seiki Co, LTD.
- b. Sentrifuge, Sorvall Super T21.
- c. Vortex Mixer, Gemmy Industrial, Corp.
- d. Neraca analitis, Mettler Toledo AT400.
- e. Peralatan gelas pyrek, Merk.
- f. pH meter, Corning.

- g. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), Shimadzu type AA-6650.
- h. Shaker, IKA laboratechnik.
- i. Hot Plate.
- j. Magnetic stirrer.
- k. Bunsen.
- l. Kawat ose.
- m. Stop Watch.

2. Bahan yang digunakan.

- a. Minyak kedelai, SunBeam.
- b. Nutrient agar, Merck.
- c. Nutrient Broth, Merck.
- d. NaCl, Merck.
- e. Inokulum *Pseudomonas aeruginosa* diperoleh dari PAU UGM FNCC. 063.
- f. Cd (NO₃)₂. 4H₂O , Merck.
- g. Cu(NO₃)₂. 3H₂O , Merck.
- h. Pb (NO₃)₂ , Merck.
- i. HNO₃, Merck.
- j. Akuades.
- k. Kapas steril.
- l. Alumunium foil.
- m. Alkohol 96%.
- n. Khloroform, p.a E. Merck.
- o. n-Heksan, p.a E. Merck.
- p. Limbah pencucian perak dari industri Kota Gede Yogyakarta.

D. Prosedur Penelitian

1. Sintesis Biosurfaktan Pada Kondisi Optimum.

- a. Pemeliharaan biakan

P. aeruginosa disimpan dalam lemari pendingin (4°C) sebagai biakan stok (*stock culture*) pada NA (Nutrient Agar) media.

b. Penyiapan inokulum (*pre-culture*)

P. aeruginosa ditumbuhkan dalam media cair dengan komposisi 8,0 g/l *Nutrient Broth*, 5,0 g/l NaCl pada suhu kamar (28°C-30°C) dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam.

Setelah tumbuh, biakan siap untuk dipindahkan ke media fermentasi.

c. Kultur fermentasi.

Media fermentasi dibuat dengan komposisi *Nutrient Broth* 8,0 g/l; 5,0 g/l NaCl, dan minyak kedelai 10% (v/v). Fermentasi dilakukan pada suhu kamar dengan kecepatan 150 rpm dalam tabung reaksi dengan volume 10 ml media selama 24 jam kemudian dipindahkan ke 25 ml media dan dibiarkan selama 24 jam dengan kecepatan 150 rpm, kemudian dipindah lagi ke 250 ml media dan dibiarkan selama 7 hari dengan kecepatan 150 rpm.

d. *Recovery* Biosurfaktan .

Pada tahap akhir fermentasi, biosurfaktan dipisahkan dari bakteri dengan cara disentrifuge dengan kecepatan 12500 rpm selama 20 menit. Supernatan yang dihasilkan disimpan dalam lemari pendingin dengan suhu 0°C sebagai *crude biospasoy* (crude biosurfaktan).

Supernatan yang diperoleh dari proses sentrifugasi diekstraksi menggunakan n-heksan dan kloroform. Perbandingan pelarut dengan media fermentasi adalah 1:1 dengan dua kali ekstraksi. Untuk pertama kali media fermentasi digojog dengan pelarut n-heksan. Fase heksan (atas) diambil dan fase air (bawah) digojog kembali dengan pelarut n-heksan. Fase heksan (atas) diambil dan fase air (bawah) digojog kembali dengan pelarut kloroform. Fase kloroform (bawah) diambil dan fase air (atas) digojog kembali dengan kloroform. Kemudian ekstrak yang diperoleh dari fase kloroform di evaporasi menggunakan *rotary evaporator*. Hasil yang diperoleh sebagai *chlo-biospasoy* (biosurfaktan hasil pemurnian parsial).

2. Pembuatan larutan induk Pb, Cd, dan Cu 1000 ppm

a. Larutan Induk Cu.

Menimbang $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 3,72 g kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml dan dilarutkan dengan HNO_3 0,1M hingga batas.

b. Larutan Induk Cd.

Menimbang $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 2,74 g kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml dan dilarutkan dengan HNO_3 0,1M hingga batas.

c. Larutan Induk Pb.

Menimbang $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sebanyak 1,60 g kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml dan dilarutkan dengan HNO_3 0,1M hingga batas.

Perhitungan pembuatan larutan induk dapat dilihat di lampiran 2.

3. Studi Awal Perbandingan Presentase Pengambilan Ion Logam Pb oleh *crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy*

a. Pengambilan Ion Logam Pb oleh 0,1 g *chlo-biospasoy*.

Larutan ion logam Pb 1 ppm sebanyak 10 ml ditambahkan 0,1 g *chlo-biospasoy*. Larutan diatur pH = 4 dan 6, kemudian digojog dengan kecepatan 150 rpm selama 5 dan 10 menit. Setelah digojog, larutan disaring dengan menggunakan kertas Whatman no.42. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan SSA.

b. Pengambilan Ion Logam Pb oleh 1 ml *crude biospasoy*.

Larutan ion logam Pb 1 ppm sebanyak 10 ml ditambahkan 1 ml *crude biospasoy*. Larutan diatur pH = 4 dan 6, kemudian digojog dengan kecepatan 150 rpm selama 5 dan 10 menit. Setelah digojog, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman no.42. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan SSA.

4. Pembuatan Larutan Induk Logam Bersaing.

Logam $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, dan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ berturut-turut sebanyak 3,72 g, 2,74 g, 1,60 g dicampur ke dalam labu ukur 1000 ml, dan dilarutkan dengan HNO_3 0,1M hingga batas.

5. Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum.

a. Pembuatan Kurva Standar Larutan Pb, Cd, dan Cu.

Membuat larutan Pb, Cd, dan Cu dengan konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0 ppm. Kemudian larutan dicari absorbansinya menggunakan SSA. Lalu dibuat kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi ion logam.

b. Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Ion Logam Pb.

Larutan Pb dengan konsentrasi 2,5 ppm sebanyak 8,0 ml, ditempatkan ke dalam erlenmeyer 25 ml, kemudian ditambahkan *crude biospasoy* sebanyak 2,0 ml (0,0192 g). Larutan diatur pada pH = 2, 4, dan 6, kemudian digojog dengan shaker pada kecepatan 150 rpm selama 0, 5, 10, 20, 30, 40, dan 60 menit untuk masing-masing pH. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas Whatman no 42. Filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan SSA.

c. Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Ion Logam Cd.

Larutan Cd dengan konsentrasi 2,5 ppm sebanyak 8,0 ml, ditempatkan ke dalam erlenmeyer 25 ml, kemudian ditambahkan *crude biospasoy* sebanyak 2,0 ml (0,0192 g). Larutan diatur pada pH = 2, 4, dan 6, kemudian digojog dengan shaker pada kecepatan 150 rpm selama 0, 5, 10, 20, 30, 40, dan 60 menit untuk masing-masing pH. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas Whatman no 42. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan SSA.

d. Penentuan waktu kontak dan pH Optimum Ion Logam Cu.

Larutan Cu dengan konsentrasi 2,5 ppm sebanyak 8 ml, ditempatkan ke dalam erlenmeyer 25 ml, kemudian ditambahkan *crude biospasoy* sebanyak 2,0ml (0,0192 g). Larutan diatur pada pH = 2, 4, dan 6, kemudian digojog dengan shaker pada kecepatan 150 rpm selama 0, 5, 10, 20, 30, 40, dan 60 menit untuk masing-masing pH. Kemudian larutan disaring menggunakan kerta Whatman no 42. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan SSA.

6. Pengambilan Ion Logam Pb, Cd, dan Cu oleh Media *Nutrient Broth* + Minyak Kedelai

Larutan ion Logam Pb, Cd, dan Cu 1 ppm masing-masing sebanyak 8,0 ml, ditambahkan 2,0 ml (0,0160 g) *Nutrient Broth*. Kemudian diatur pH optimum dan digojog dengan kecepatan 150 rpm selama 10 menit. Larutan logam dan NB dan Minyak kedelai kemudian disaring menggunakan kertas Whatman no 42, filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan SSA.

7. Pengambilan *crude biospasoy* Terhadap Ion Logam Bersaing.

Larutan ion logam bersaing dengan konsentrasi 2,5 ppm sebanyak 8,0 ml, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 50 ml kemudian ditambahkan *crude biospasoy* sebanyak 2,0 ml (0,0192 g) diatur pada pH optimum kemudian digojog menggunakan shaker pada kecepatan 150 rpm selama waktu optimum. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas Whatman no 42. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan SSA.

8. Pengambilan *crude biospasoy* Terhadap Ion Logam Tunggal

Larutan ion logam Pb, Cd, dan Cu masing-masing 2,5 ppm sebanyak 8 ml, masing-masing dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 50 ml kemudian ditambahkan 2 ml *crude biospasoy* (0,0192 g) diatur pada pH optimum kemudian digojog menggunakan shaker pada kecepatan 150 rpm selama waktu kontak optimum. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas Whatman no.42. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan SSA.

9. Penentuan Konsentrasi Awal Logam dalam Limbah Pencucian Perak

Limbah pencucian perak diambil sebanyak 8,0 ml ditambahkan 2,0 ml aquades dan diatur pada pH optimum, kemudian disaring menggunakan kertas Whatman no.42. Filtrat yang dihasilkan diukur konsentrasi logamnya menggunakan SSA. Konsentrasi yang dihasilkan sebagai konsentrasi logam awal.

10. Pengambilan Ion Logam Pb, Cd, dan Cu dalam Limbah Pencucian Perak oleh *crude biospasoy*

Limbah pencucian perak sebanyak 8,0 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 25 ml, diatur pada pH optimum, kemudian ditambahkan *crude biospasoy* sebanyak 2,0 ml (0,0192 g) dan digojog dengan shaker pada kecepatan 150 rpm selama waktu kontak optimum. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas Whatman no.42. Filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan menggunakan SSA untuk mengetahui konsentrasi ion logam yang tidak diambil oleh *crude biospasoy*.

E. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari eksperimen adalah data kuantitatif. Data kuantitatif yang diperoleh adalah uji daya serap Pb, Cd, dan Cu oleh biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *Pseudomonas aeruginosa*. Untuk mengetahui kemampuan pengambilan optimum dari biosurfaktan, maka dilakukan variasi kondisi percobaan yang meliputi waktu kontak dan pH. Efektivitas dari pengambilan biosurfaktan terhadap ion logam, secara analitik ditentukan dengan turunya absorbansi larutan sampel setelah proses pengambilan. Untuk mencari konsentrasi larutan sampel setelah penambahan biosurfaktan digunakan cara regresi linear.

F. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan suatu data tabel dengan mempertimbangkan variabel-variabel yang berhubungan dengan data yang diperoleh, yaitu variasi waktu kontak dan pH larutan.

Kondisi waktu kontak optimum dan pH optimum pengambilan logam berat oleh biosurfaktan dapat ditentukan dengan variasi waktu kontak dan variasi pH secara bersama-sama. Kondisi optimum tersebut juga didukung dari analisis statistik uji Duncan.

Untuk mengetahui ion logam berat yang terambil digunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Untuk mengetahui kapasitas penyerapan pada berbagai variasi pH dan waktu kontak menggunakan persamaan:

$$m = \frac{V(C_i - C_f)}{S}$$

Keterangan :

m = Kapasitas penyerapan (mg/g)

V = Volume larutan (L)

C_i = Konsentrasi awal larutan (mg/L)

C_f = Konsentrasi akhir larutan (mg/L)

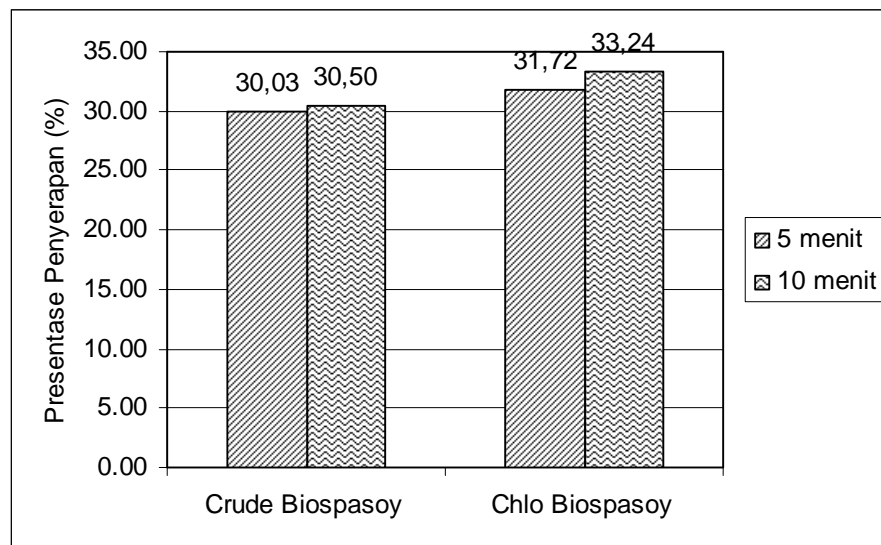
S = Berat *crude biospasoy* (g)

Penentuan waktu kontak dan pH optimum diperoleh dari grafik waktu kontak versus kapasitas penyerapan *crude biospasoy* atau *chlo-biospasoy* terhadap logam pada berbagai pH.

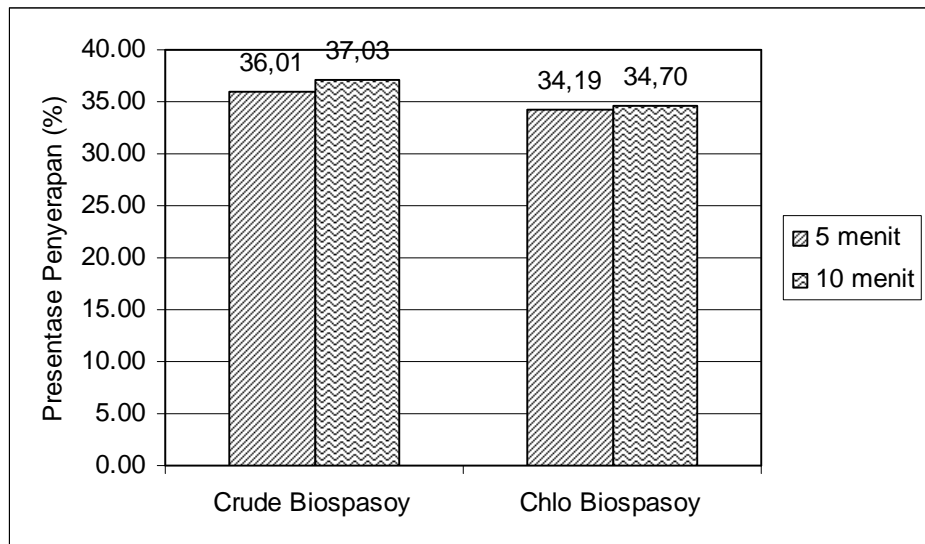
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Studi Awal Perbandingan Pengambilan Ion Logam Pb oleh *Crude biospasoy* dan *Chlo-biospasoy*.

Pada penelitian ini dilakukan studi awal untuk mengetahui perbandingan presentase pengambilan antara *crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy* terhadap ion logam Pb pada pH = 4 dan 6 dengan waktu kontak 5 dan 10 menit. *Crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy* yang digunakan masing-masing sebesar 0,1 g dan 1 ml dimaksudkan agar *crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy* telah mampu membentuk missel. Data hasil perbandingan presentase pengambilan antara *crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy* dapat dilihat pada lampiran 3. Grafik perbandingan pengambilan *crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy* tertera pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Perbandingan presentase pengambilan 0,1 g *chlo-biospasoy* dan 1 ml *crude biospasoy* terhadap ion logam Pb pada pH = 4, waktu kontak 5 dan 10 menit.



Gambar 4. Perbandingan presentase pengambilan 0,1 g *chlo-biospasoy* dan 1 ml *crude biospasoy* terhadap ion logam Pb pada pH = 6 waktu kontak 5 dan 10 menit.

Dari hasil di atas diketahui bahwa presentase pengambilan antara *chlo-biospasoy* dan *crude biospasoy* relatif sama. Oleh karena itu *crude biospasoy* digunakan pada penelitian selanjutnya. Selain presentase pengambilan yang hampir sama, penelitian ini menitikberatkan pada aplikasi skala industri, sehingga apabila digunakan *chlo-biospasoy* akan menambah biaya produksi, karena pemurnian *crude biospasoy* memerlukan pelarut organik yang cukup mahal.

Penggunaan *crude biospasoy* pada proses selanjutnya, yaitu pengambilan ion logam Pb, Cd, dan Cu digunakan sebanyak 2 ml. Hal ini dimaksudkan agar konsentrasi *crude biospasoy* jauh melebihi KKM *chlo-biospasoy*, sehingga pada volume tersebut *crude biospasoy* mampu membentuk missel. *Chlo-biospasoy* memiliki massa jenis sebesar 9,6 g/L. Ini berarti *crude biospasoy* dengan volume 2 ml memiliki konsentrasi 19,2 mg. Konsentrasi *crude biospasoy* sebesar 19,2 mg setara dengan 2,24 kali KKM *chlo-biospasoy*. Hasil ini dapat diartikan bahwa pada volume 2 ml, *crude biospasoy* mampu membentuk missel.

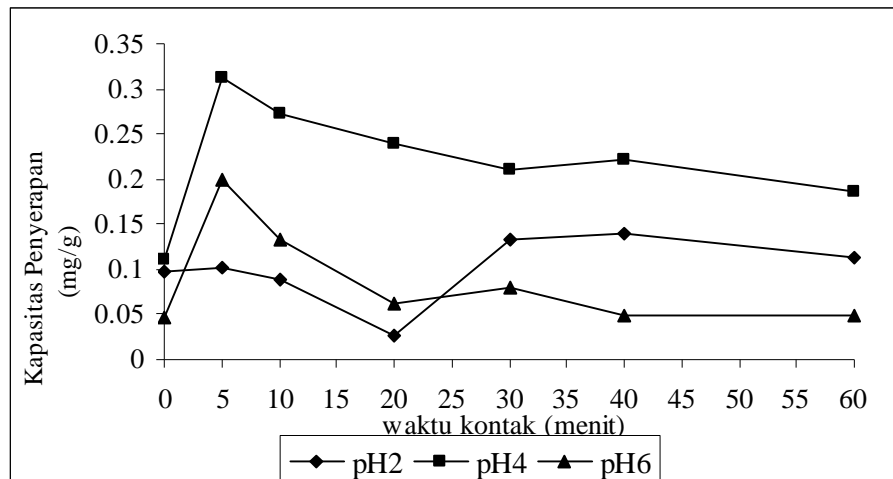
B. Pengambilan Ion Logam Pb, Cd, dan Cu oleh *crude biospasoy* Dengan Metode *Batch*

Uji pengambilan ion logam digunakan metode *batch*. Sejumlah penelitian telah menunjukkan pentingnya pengaruh derajat keasaman (pH) sebagai salah satu parameter yang mempengaruhi proses pengambilan kation logam. Perubahan pH dapat mempengaruhi perubahan muatan, struktur kimia adsorben maupun spesiasi ion logam dalam larutan. (Stum and Morgan, 1981).

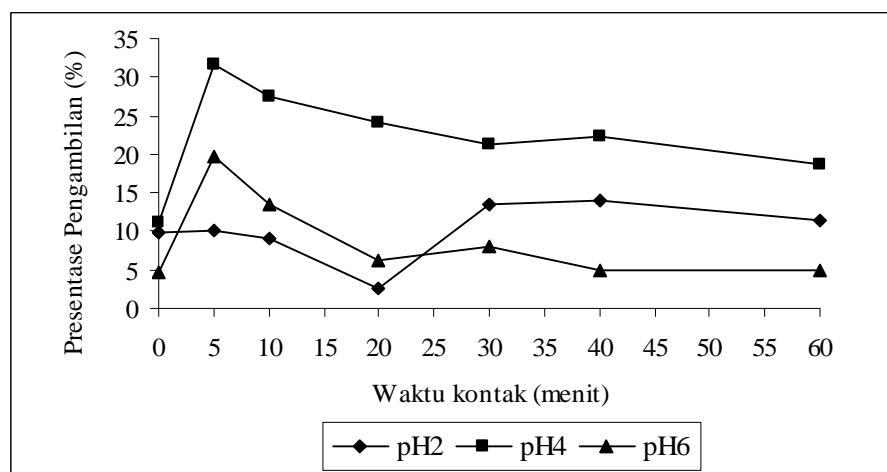
Pada penelitian ini untuk mengetahui kondisi optimum pengambilan ion logam Pb, Cd, dan Cu dilakukan dengan cara memvariasi pH larutan pada pH = 2, pH = 4, dan pH = 6. Menurut Alloway dan Ayres (1997) secara umum hampir semua logam (kecuali Mo) larut pada pH rendah. Pada pH diatas 7 ion logam Pb, Cu, dan Cd telah mengendap membentuk logam dihidroksida [Pb(OH)₂, Cu(OH)₂, dan Cd(OH)₂]. Jika terjadi pengendapan maka akan terjadi salah perhitungan, artinya berkurangnya konsentrasi awal larutan ion logam tidak seluruhnya hasil pengambilan *crude biospasoy* tetapi juga dari proses pengendapan. Selain variasi pH juga dilakukan variasi waktu kontak yaitu : 0, 5, 10, 20, 30, 40, dan 60 menit. Pemilihan waktu yang singkat ini disebabkan karena perkiraan proses pengambilan ion logam berlangsung cepat karena tidak tergantung pada aktivitas metabolisme (Hancock, 1996).

1 . Penentuan pH dan Waktu Kontak Optimum Ion Logam Pb

Hasil pengambilan ion logam Pb menggunakan *crude biospasoy* disajikan pada lampiran 4, untuk pengaruh derajat keasaman dan waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan dan presentase pengambilan logam Pb tampak pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Pengaruh pH dan waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan ion logam Pb oleh 2 ml *crude biospasoy*



Gambar 6. Pengaruh pH dan waktu kontak terhadap presentase pengambilan ion logam Pb oleh 2 ml *crude biospasoy*

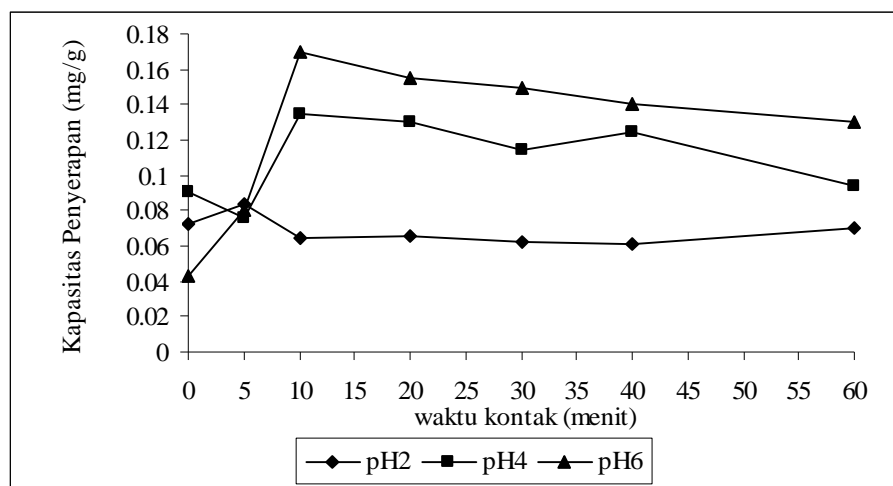
Dari Gambar 5 terlihat bahwa pH optimum untuk pengambilan ion logam Pb adalah pH = 4. Kapasitas penyerapan untuk pH 4 sebesar $0,31 \pm 0,0037$ mg/g, dan presentase pengambilan sebesar 31,53 % (lampiran 4). Hasil ini didukung dengan uji statistik menggunakan metode Duncan (lampiran 5). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa pengambilan optimum logam Pb terjadi pada pH = 4.

Perlakuan variasi waktu kontak dimaksudkan untuk mendapatkan informasi berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pengambilan

optimum logam Pb oleh *crude biospasoy*. Dari Gambar 5 tidak dapat ditentukan secara pasti berapa waktu kontak optimum tersebut, karena masing-masing pH memiliki waktu kontak optimum yang berbeda-beda. Hasil ini juga ditunjukkan dengan hasil uji statistik, yang menyatakan bahwa waktu kontak optimum tidak dapat ditentukan. Tetapi pada pH optimum, yaitu pH = 4, terlihat bahwa waktu kontak optimum pengambilan logam Pb terjadi pada waktu kontak 5 menit.

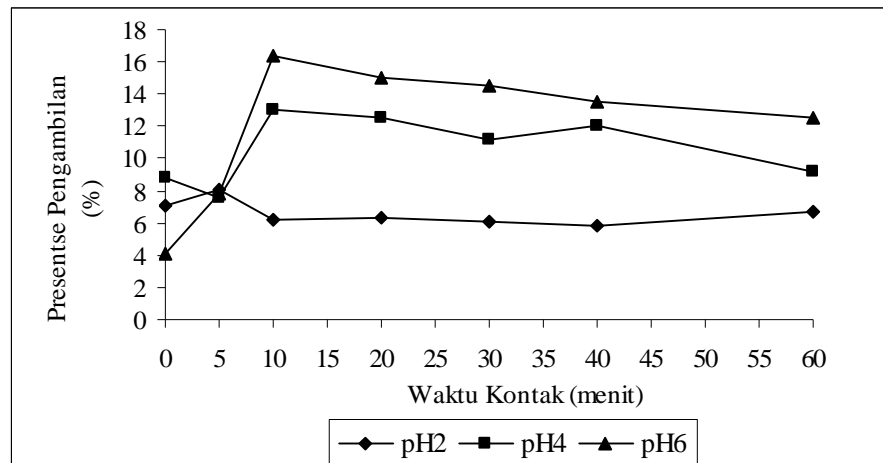
2. Penentuan pH dan Waktu Kontak Optimum Ion Logam Cd

Hasil pengambilan ion logam Cd menggunakan *crude biospasoy* disajikan pada lampiran 6, untuk pengaruh derajat keasaman dan waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan dan presentase pengambilan logam Cd tampak pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Pengaruh pH dan waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cd oleh 2 ml *crude biospasoy*.

Dari Gambar 7 terlihat bahwa pH optimum pengambilan logam Cd terjadi pada pH = 6. Kapasitas penyerapan pada pH = 6 sebesar $0,17 \pm 0,0023$ mg/g, dan presentase pengambilan sebesar 16,38 % (lampiran 6). Hasil ini didukung oleh hasil uji statistik menggunakan metode Duncan (lampiran 7), yang menyatakan bahwa pH = 6 paling mempengaruhi kapasitas penyerapan logam Cd oleh *crude biospasoy*.



Gambar 8 . Pengaruh pH dan waktu kontak terhadap presentase pengambilan ion logam Cd oleh 2 ml *crude biospasoy*.

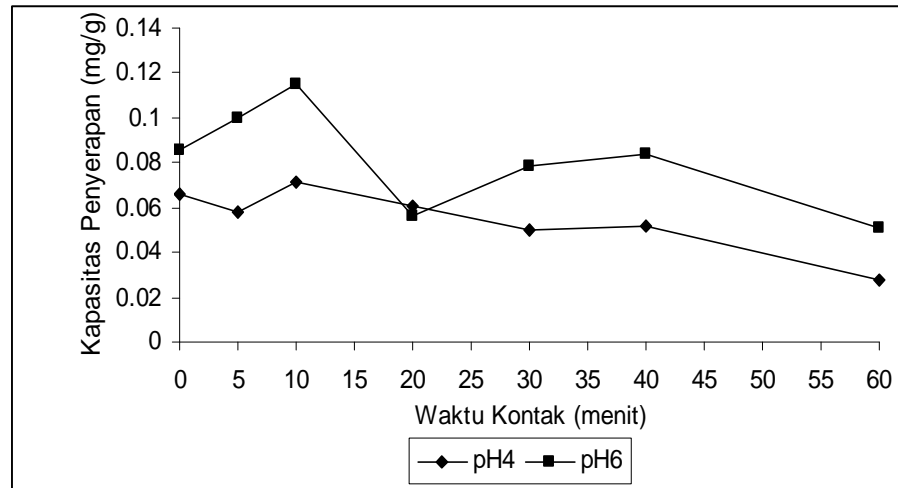
Untuk menentukan waktu kontak optimum tidak dapat ditentukan dari Gambar 7 atau 8 , karena masing-masing pH memiliki waktu kontak optimum yang berbeda-beda. Dari uji statistik metode Duncan (lampiran 7) menyatakan bahwa waktu kontak optimum tidak dapat ditentukan secara pasti. Tetapi secara manual dapat ditentukan dari grafik. Pada pH optimum, yaitu pH = 6, terlihat bahwa waktu kontak optimum pengambilan ion logam Cd oleh *crude biospasoy* terjadi pada waktu kontak 10 menit.

3. Penentuan pH dan Waktu Kontak Optimum Ion Logam Cu.

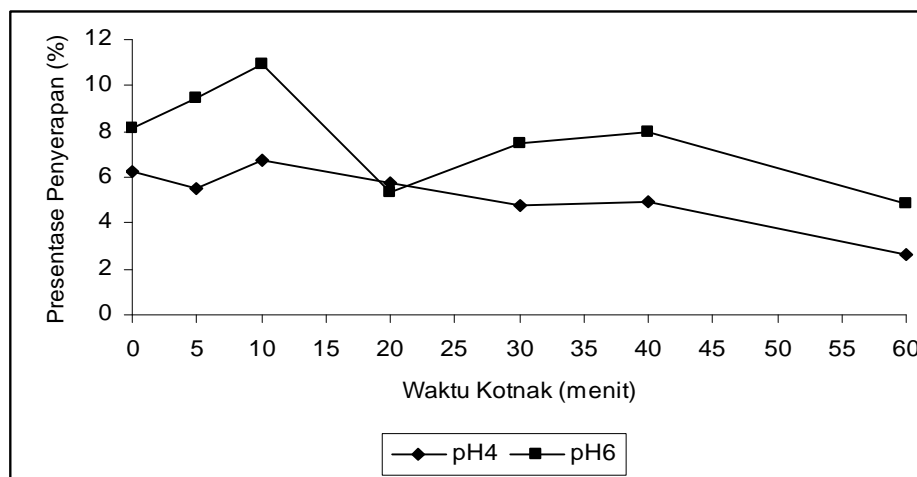
Hasil pengambilan *crude biospasoy* terhadap ion logam Cu disajikan pada lampiran 8, sedangkan pengaruh derajat keasaman dan waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan dan presentase pengambilan ion logam Cu tampak pada Gambar 9 dan 10.

Dari Gambar 9 tampak bahwa pada pH 2 tidak diperoleh data, hal ini dapat dikarenakan pada pH tersebut konsentrasi ion logam Cu tidak terdeteksi dengan baik sehingga data yang diperoleh tidak akurat. Pengambilan ion logam Cu oleh *crude biospasoy* terjadi secara optimum pada pH = 6. Kapasitas penyerapan pada pH = 6 sebesar $0,12 \pm 0,0032$ mg/g, dan presentase pengambilan sebesar 10,94 % (lampiran 8) Hasil ini didukung oleh hasil uji

statistik menggunakan metode Duncan (lampiran 9) yang menyatakan bahwa pH yang paling berpengaruh terhadap pengambilan ion logam Cu adalah pH = 6.



Gambar 9. Pengaruh pH dan waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cu oleh 2 ml *crude biospasoy*.



Gambar 10. Pengaruh pH dan waktu kontak terhadap presentase pengambilan ion logam Cu oleh 2 ml *crude biospasoy*.

Waktu kontak optimum tidak dapat ditentukan secara pasti, karena seperti pada logam Pb dan Cd, waktu kontak optimum untuk masing-masing pH berbeda-beda. Hasil ini didukung pula oleh hasil uji statistik (lampiran 9) yang menyatakan bahwa waktu kontak optimum tidak dapat ditentukan. Tetapi bila dilihat pada Gambar 9, pada pH optimum, yaitu pH = 6, waktu kontak optimum

pengambilan logam Cu terjadi pada waktu kontak 10 menit. Dari hasil pengambilan ion logam di atas ketiganya memiliki persamaan, yaitu setelah mencapai waktu kontak optimum, menunjukkan grafik yang menurun meskipun tidak terlalu signifikan dan cenderung stabil. Hal ini mungkin dikarenakan ikatan antara logam dengan *crude biospasoy* dapat lepas kembali bila dikontakkan terlalu lama. Selain itu, *crude biospasoy* memiliki sistem emulsi *oil in water* (o/w), karena fase larutan logam adalah fase air maka logam tidak dapat terjebak ke dalam sistem emulsi.

Kondisi optimum yang telah diperoleh dari proses pengambilan di atas, secara statistik ketiga logam tersebut memiliki pH optimum pada pH = 4 dan 6. Hal ini dikarenakan pada pH terlalu asam, yaitu pH = 2, terdapat banyak ion hidrogen. Suh, Yuh, dan Kim (1998), juga melaporkan bahwa pada kondisi sangat asam akan terjadi kompetisi antara ion hidrogen dengan kation logam untuk berikatan dengan ligan. Sedangkan untuk pH = 4 dan 6 ion hidrogen yang ada dalam larutan relatif sedikit bila dibandingkan dengan pH = 2, sehingga gugus aktif karboksilat akan mudah berikatan dengan logam tanpa adanya kompetisi antara ion logam dan ion hidrogen. Hal inilah yang menyebabkan kapasitas penyerapan dan presentase pengambilan *crude biospasoy* paling besar pada pH = 4 dan 6.

C. Pengambilan Ion Logam Bersaing oleh *Crude Biospasoy*

Pada penelitian ini sebelum dilakukan pengambilan ion logam berat oleh *crude biospasoy* terlebih dahulu dilakukan penelitian tentang pengaruh media *Nutrient Broth* pada proses pengambilan ion logam oleh *crude biospasoy*, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah *Nutrient Broth* + Minyak Kedelai mampu mengambil ion logam. Pengambilan ion logam oleh *Nutrient Broth* + Minyak kedelai penting dilakukan karena apabila *Nutrient Broth* + Minyak Kedelai mampu mengambil ion logam berarti konsentrasi ion logam yang terambil pada saat pengambilan ion logam oleh *crude biospasoy* bukan benar-benar dari hasil pengambilan *crude biospasoy* terhadap ion logam seluruhnya. Penelitian ini dilakukan pada pH = 4 dan waktu kontak 10 menit, hal ini didasarkan pada hasil

uji statistik data optimasi pH dan waktu kontak ketiga ion logam. Data pengambilan ion logam oleh media *Nutrient Broth* disajikan pada lampiran 11. Hasil pengambilan ion logam oleh media *Nutrient Broth* dapat dilihat pada Tabel 3.

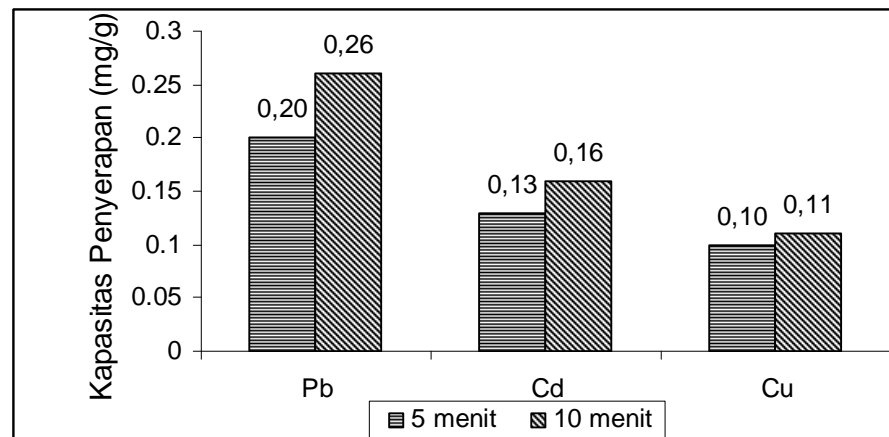
Tabel 3. Pengambilan ion logam oleh media *Nutrient Broth* yang Mengandung Minyak Kedelai 10 % (v/v) terhadap Ion Logam Pb, Cd, dan Cu pada pH = 4 dan Waktu Kontak 10 menit.

Larutan + Logam	Konsentrasi logam awal (ppm)	Konsentrasi logam sisa (ppm)	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)
NB +Logam Pb	0,3965	0,4009	-0,0044	-0,0028
NB +Logam Cd	0,6514	0,6507	0,0007	0,0004
NB +Logam Cu	0,4360	0,4340	0,0020	0,0013

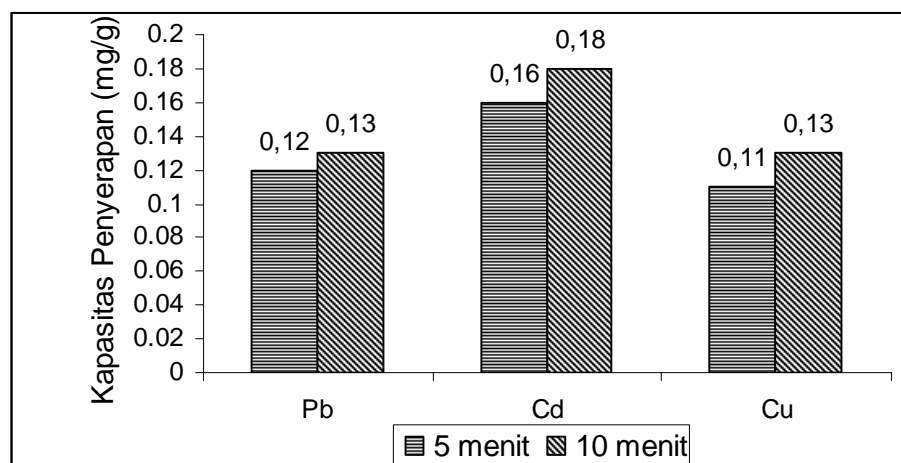
Dari tabel 3 terlihat bahwa secara keseluruhan penyerapan *Nutrient Broth* terhadap ion logam Pb, Cd, dan Cu sangat kecil, sehingga dapat dikatakan bahwa *Nutrient Broth* tidak dapat mengambil ketiga ion logam tersebut, sehingga *Nutrient Broth* yang masih ada dalam *crude biospasoy* tidak mengganggu proses pengambilan ion logam oleh *crude biospasoy*.

Pada proses pengambilan ion logam bersaing oleh *crude biospasoy*, terlebih dahulu ditentukan pH dan waktu kontak optimum untuk ion logam bersaing. Dari hasil optimasi kondisi ketiga ion logam di atas dapat diketahui bahwa ketiga ion logam tersebut terambil optimum pada pH = 4 dan 6, oleh karena itu proses pengambilan ion logam bersaing oleh *crude biospasoy* dilakukan pada pH = 4 dan 6. Selain pH, waktu kontak optimum untuk ion logam bersaing juga ditentukan. Dari hasil optimasi ketiga ion logam tersebut di atas, waktu kontak optimum adalah pada waktu kontak 5 menit dan 10 menit. Selanjutnya, proses pengambilan ion logam bersaing oleh *crude biospasoy* dilakukan pada dua

titik waktu kontak yaitu pada waktu 5 menit dan 10 menit. Data hasil pengambilan ion logam bersaing oleh *crude biospasoy* tertera pada Lampiran 12. Grafik pengambilan ion logam bersaing dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Kapasitas Penyerapan 2 ml *crude biospasoy* terhadap ion logam bersaing dengan waktu kontak 5 menit dan 10 menit pada pH = 4.

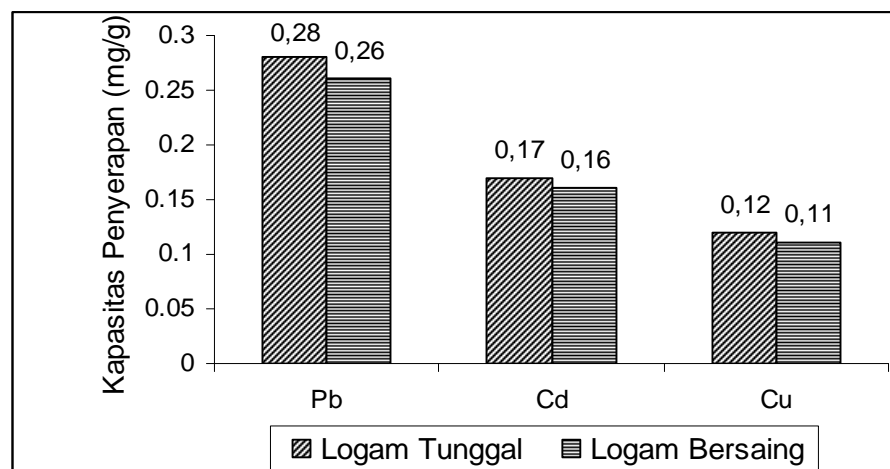


Gambar 12. Kapasitas Penyerapan 2 ml *crude biospasoy* terhadap ion logam bersaing dengan waktu kontak 5 menit dan 10 menit pada pH = 6.

Dari Gambar 11 dan 12 terlihat bahwa kapasitas penyerapan *crude biospasoy* terjadi secara optimum pada waktu kontak 10 menit, baik untuk pH = 4 maupun pH = 6. Pada pH = 4 kapasitas penyerapan terbesar terjadi pada ion

logam Pb, sedangkan pada pH = 6 kapasitas penyerapan ion logam Pb terjadi penurunan, tetapi terjadi kenaikan untuk ion logam Cd dan Cu, hal ini sesuai dengan hasil optimasi pH optimum untuk masing-masing ion logam. Meskipun demikian dari grafik terlihat bahwa pH yang berpengaruh secara signifikan adalah pH = 4, oleh karena itu penelitian selanjutnya, digunakan pH = 4 dan waktu kontak 10 menit.

Bila dilihat pengambilan ion logam tunggal dan ion logam bersaing oleh *crude biospasoy* pada pH = 4 dan waktu kontak 10 menit terdapat perbedaan kapasitas penyerapannya. Perbedaan kapasitas penyerapan antara ion logam tunggal dan ion logam bersaing dapat dilihat pada Gambar 13. Data hasil pengambilan ion logam tunggal dan ion logam bersaing pada pH 4, waktu kontak 10 menit ada pada Lampiran 12 dan 13.

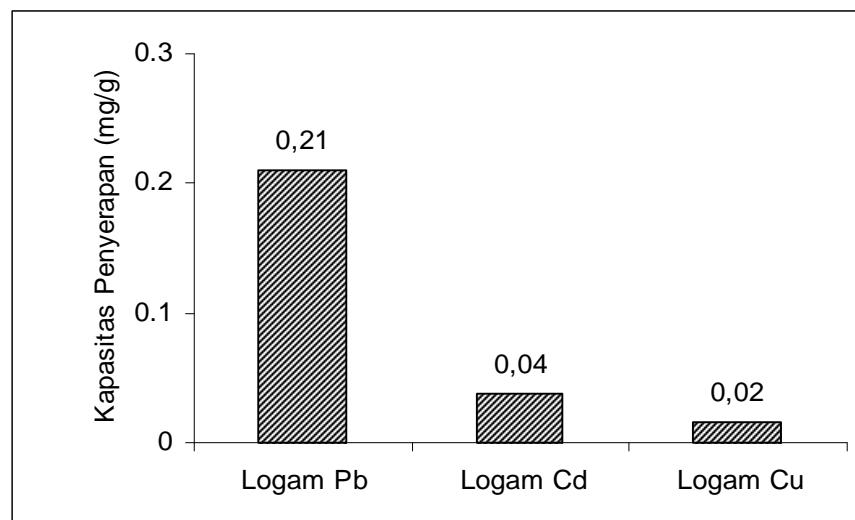


Gambar 13. Perbandingan Kapasitas Penyerapan Ion Logam Berat oleh *crude biospasoy* antara Logam Tunggal dan Logam Bersaing pada pH = 4 dan Waktu Kontak 10 menit.

Dari Gambar 13 terlihat terjadi perbedaan kapasitas penyerapan untuk ion logam tunggal dan ion logam bersaing. Kapasitas penyerapan ion logam bersaing lebih kecil bila dibandingkan kapasitas penyerapan ion logam tunggal. Hal ini mengindikasikan terjadinya kompetisi antara ion-ion logam untuk berikatan dengan *crude biospasoy*.

D Pengambilan Ion Logam dalam Limbah Pencucian Perak oleh *crude biospasoy*.

Pada penelitian ini limbah yang digunakan adalah limbah cair pencucian perak, yang masih mengandung logam Pb, Cd, dan Cu. Proses pengambilan limbah oleh *crude biospasoy* dilakukan pada kondisi optimum yang telah diperoleh pada optimasi kondisi untuk logam bersaing, yaitu pada pH = 4 dan waktu kontak 10 menit. Hasil pengambilan logam dalam limbah oleh *crude biospasoy* dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Kapasitas penyerapan 2 ml *crude biospasoy* terhadap limbah pencucian perak.

Dari gambar 14 terlihat bahwa *crude biospasoy* dapat digunakan untuk mengambil logam Pb, Cd, dan Cu dalam limbah cair pencucian perak dengan kapasitas penyerapan sebesar $0,21 \pm 0,0044$ mg/g untuk ion logam Pb. Untuk ion logam Cd sebesar $0,04 \pm 0,0027$ mg/g, sedangkan untuk ion logam Cu sebesar $0,02 \pm 0,0039$ mg/g (lampiran 14). Bila dibandingkan dengan kapasitas penyerapan *crude biospasoy* terhadap ion logam tunggal maupun ion logam bersaing, kapasitas penyerapan terhadap ion logam dalam limbah lebih kecil. Hal ini dapat disebabkan dalam limbah masih banyak pengotor dan logam lain, diantaranya logam Ag dan Ni, oleh karena itu terjadi persaingan antara logam Pb, Cd, Cu dengan logam Ag, dan Ni.

Dibandingkan dengan pengambilan logam berat menggunakan material lain, ternyata *crude biospasoy* kurang efektif. Mawahib. S (2002) telah melakukan penelitian tentang pengambilan logam Pb dengan menggunakan bagasse sebagai adsorbennya. Kapasitas penyerapan logam Pb oleh bagasse sebesar 41,820 mg/g. Sedangkan Madiyono (2003) telah berhasil memanfaatkan tanah vertisol sebagai adsorben logam Cd dalam limbah cat dengan kapasitas penyerapan sebesar 0,4670 mg/g. Untuk logam Cu, Christina (2003) memanfaatkan alofan alam yang digunakan sebagai adsorben logam Cu dalam limbah cair kerajinan tembaga. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil penyerapan dengan kapasitas sebesar 20,13 mg/g. UH-biosurfaktan telah berhasil dimanfaatkan Jeewoong Kim dan Vipulanandan untuk mengambil ion logam Pb dalam limbah cair. Kapasitas penyerapan yang diperoleh sebesar 3,7500 mg/g.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. *Crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy* dapat digunakan untuk mengambil ion logam berat Pb, Cd, dan Cu dalam larutan.
2. Kondisi pH optimum pada proses pengambilan ion logam Pb oleh *crude biospasoy* adalah pada pH = 4 dan waktu kontak 5 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar $0,31 \pm 0,0037$ mg/g. Kondisi pH optimum pada proses pengambilan ion logam Cd oleh *crude biospasoy* adalah pada pH = 6 dan waktu kontak 10 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar $0,17 \pm 0,0023$ mg/g. Kondisi pH optimum pada proses pengambilan ion logam Cu oleh *crude biospasoy* adalah pada pH = 6 dan waktu kontak 10 menit dengan kapasitas penyerapan sebesar $0,11 \pm 0,0032$ mg/g.
3. Kondisi pH optimum pada proses pengambilan ion logam bersaing adalah pada pH = 4 dan waktu kontak 10 menit dengan kapasitas penyerapan *crude biospasoy* terhadap logam bersaing sebesar $0,26 \pm 0,0035$ mg/g terhadap ion logam Pb, terhadap ion logam Cd sebesar $0,16 \pm 0,0025$ mg/g, dan terhadap ion logam Cu sebesar $0,11 \pm 0,0019$ mg/g.
4. Pengambilan ion logam dalam limbah pencucian perak dilakukan pada pH = 4 dan waktu kontak 10 menit dengan kapasitas penyerapan *crude biospasoy* terhadap ion logam dalam limbah pencucian perak sebesar $0,21 \pm 0,0044$ mg/g terhadap ion logam Pb, ion logam Cd sebesar $0,04 \pm 0,0027$ mg/g, dan ion logam Cu sebesar $0,02 \pm 0,0039$ mg/g.

B. Saran

1. Perlu dilakukan peningkatan efektivitas pengambilan ion logam berat oleh biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *Pseudomonas aeruginosa* dengan cara diimobilkan ke dalam alofan.

2. Penelitian yang menggunakan biosurfaktan untuk mengambil ion logam berat perlu dilakukan studi awal untuk mengetahui apakah media pertumbuhan maupun minyak yang digunakan mengandung ion logam berat.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk aplikasi biosurfaktan hasil biotransformasi minyak kedelai oleh *Pseudomonas aeruginosa* terhadap zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B. dan Aryres, D. C., 1997, *Chemical Principles of Environmental Pollution*, Second Edition, Chapman & Hall.
- Cerebasi, L. H. and Yetis, U., 2001, *Biosorption of Ni (II) and Pb (II) by P. Chrysosporium from Binary Metal System Kinetic*. Applied Water SA Vol. 37 No 1 p. 14-20.
- Chen, L., W. A. Dick, and J. G. Strrter, 1995, *Production of aerobactin by microorganism from a compost enrichment culture and soybean utilization*, J. Plant Nutr, 23:2047-2060.
- Christina. Yurike, 2003, *Pengaruh H₂SO₄ dan NaOH Terhadap Kemampuan Adsorpsi Cu(II) Pada Alofan Alam*, UNS, Surakarta.
- Dipayana, Dian K, 2006, *Produksi Biosurfaktan Dengan Menggunakan Minyak Jagung Sebagai Sumber Karbon Tambahan Secara Biotransformasi Oleh Pseudomonas aeruginosa*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- Eckenfelder Jr. W. W, 2000, *Industrial Water Pollutan Control*, Mc. Graw Hill Series International Edition, Singapore.
- Fiechter, A., 1992, *Biosurfactants : Moving Towards Industrial Application*. Trends in Biotechnol. 10:208-217.
- Gadd, G., 2002, *Bio-remedial Potential of Microbial mecanism of Metal Mobilization and Immobilization*. Current Oppinion in Biotechnology 11, 271-279.
- Ghazali, R., dan Ahmad, S., 1997, *Biosurfactant-A Review*, Elaeis Journal, 9 (1), 34-54.
- Georgiou, G., Lin, S. C and Sharman, M M, 1992, *Surface-Active Compounds From microorganism*. Bio/Technology 10:60-65.
- Gerson, D. F and Zajic, J. E, 1979, *Microbial Biosurfactants*, Process Biochem. 14: 20-22, 29.
- Hafifi, A.,2005, *Biosorpsi Ion Logam Seng (II) oleh Biomassa Saccharomyces cerevisiae Dengan Perlakuan NaOH*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- Hampel, C.A. and Hawley, G.G., 1973, *The Encyclopedia of Chemistry*, 3rd Edition, Van Nostrand Rienhold Company, New York.

Handcock, J.C., 1996, *Bioremediation of Heavy Metal Pollution and in Biotreatment of Industrial Waste, In Symposium and Workshop on Bioaccumulation*, IUC Biotechnology, Gadjah Mada University, Yogyakarta, September 18-20, 1996.

Herman, D. C., Artiola, J. F, dan Miller, R. N , 1995, *Removal of Cadmium, Lead, and Zinc from Soil by a Rhamnolipid Biosurfactant*, Environmental Science & Technology, Vol. 29, No. 9, pp. 2280-2285.

Hiratani and Yamaguchi, M., A, Sato, 1976, *Microbial Production of Sugar Lipids*, Chem, Ind. 17:741-742.

Hutchinson, E and Shinoda, K, 1967, *An Outline of the Solvent Properties of Surfascants Sollution. In : K Shinoda (Ed), Solvent Properties of Surfascants Solutions*, Dekker, New York, pp. 1-26.

Isnurzaman, 2005, *Pemanfaatan Alang-Alang Sebagai Adsorben Ion Logam Berat Nikel (Ni^{2+})*, Skripsi, UNS, Surakarta.

Jeewong. Kim., C. Vipulanandan, 1998, *Removal of lead From Wastewater using a Biosurfactant*, University of Houston, Houston.

Kirk-Othner, 1993, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th Edition, Vol.7, Jhon Wiley and Sons, New York.

Kosaric, N., Gray, N. C. C and Cairns, W. L, 1987, *Biosurfactants and Biotechnology, Surfactants Science Series*, Vol 25, Marcel Dekker, Inc.

Lang, S and Wagner, F, 1987, *Structure and Properties of Biosurfactants. In : Kosaric, N; Cairns, W. L and Gray, N. C. C, (Eds.), Biosurfactants and Biotechnology*. Marcel Dekker, Inc.

Madiyono. A. N, 2003, *Karakterisasi Tanah vertisol yang Diaktifasi Dengan Asam Klorida Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II)*, Skripsi, UNS, Surakarta.

- Mawahib, Syarif. H, 2002, *Penurunan Kadar Timbal dan Zat Warna Tekstil dalam Larutan dengan Menggunakan Karbon Aktif Bagasse*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- Miettinen, K. J., 1997, *The Accumulation and Excretion of Heavy Metals in Organism, in Ecological Research*, Mc. Intype, A. D. and Mills, C. F (ed. 5), Plenum Press, New York, pp, 109-118.
- Mulligan, C. N; Chow, T. Y. K and Gibbs, B. F, 1989, *Enhanced biosurfactants Production by a Mutant Bacillus subtilis strain. Appl. Microbial. and Biotechnol.* 31 : 486-489.
- Muliawati, Dina.I, 2006, *Produksi Biosurfaktan Dengan Menggunakan Minyak Kedelai Sebagai Sumber Karbon Tambahan Secara Biotransformasi Oleh Pseudomonas aeruginosa*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Cetakan Pertama, Rineka Cipta, Jakarta.
- Palmer. T, B, A. PhD, 1985, *Understanding Enzymes*, Second Edition, John Wiley and Sons, Canada.
- Patnaik. P, 2003, *Handbook of Inorganic Chemicals*, Mc Grae Hill, New York.
- Sakrani. D. S. S., 2003, *Biosorpasi Ion Nikel (II) dengan Aspergillus Oryzae : Pengaruh Aktivasi dan Imobilisasi pada matrik Natrium Silikat*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- Sasidharan, V; Thambirajah, J. J; HO, C. C and Hashim, M. A, 1993, *Microbial Production of Biosurfactants for Industrial Applications*, The 11th Australian Biotechnology Conference, Perth.
- Sax, N.I. and Lewis R.J., 1987, *Hawleys Condensed Chemical Dictionary*, 11th Edition, Van Nostrand Reinhold, Norstand Reinhold, New York.
- Shugar, G and Balinger, J. T., 1996, *Chemical Thecnicians Ready Reference Hand Book*, 4th edition, Mc. Graw Hill, New York.
- Stumm, W. and J.J. Morgan, 1995, *Aquatic Chemistry*, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Suh, J. H., Yuh, J. W., and Kim, D. S., 1998, *Effect of pH on Pb²⁺ Accumulation in S. cerevisiae and Aerobasidium Pollutans*.
- Sumar Hendayana., K, A., Sumarna, A. A., Supriatna, A., 1994, *Kimia Analitik Instrumen*, Edisi Kesatu, IKIP Semarang Press, Semaran

- Wagner, F., 1988, *Strategies for Biosurfactant Production*. In: T H Applewhite (Ed.). Proceedings of World Conference on biotechnology for the Fats and Oil Industry, American Oil Chemist' Society, pp. 189-194.
- Yohana. T. M. A., 2004, *Kajian Aktivasi Alofan oleh Asam Klorida (HCl) dan Asam Flourida (HF) serta Kemampuan Alofan Adsorpsi Ion Logam Cd dalam Limbah Cair Pabrik Cat*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- Zajic, J. E. and Seffens, W, 1984, *Biosurfactants, CRC Critical Reviews In Biotechnol.* 1: 87-107.

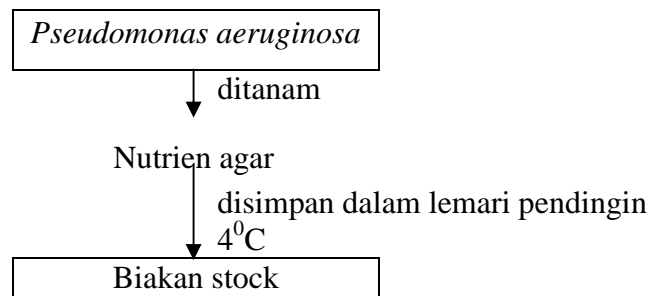
LAMPIRAN

Lampiran 1.

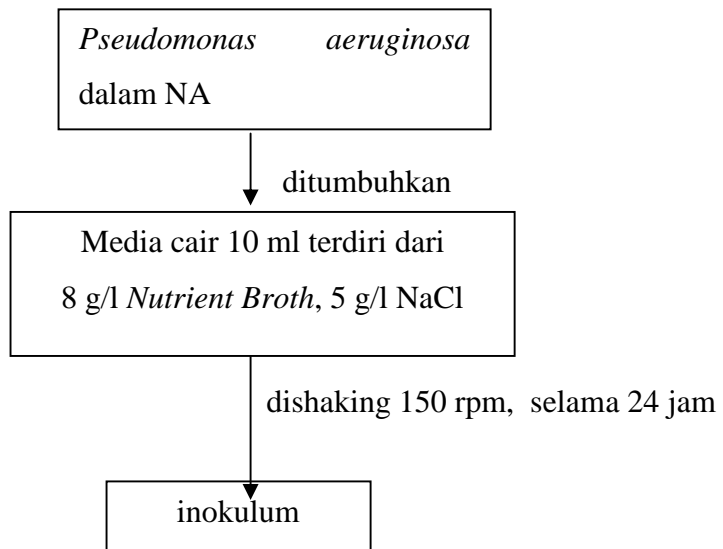
DIAGRAM ALIR CARA KERJA

1. Sintesis biosurfaktan pada kondisi optimum.

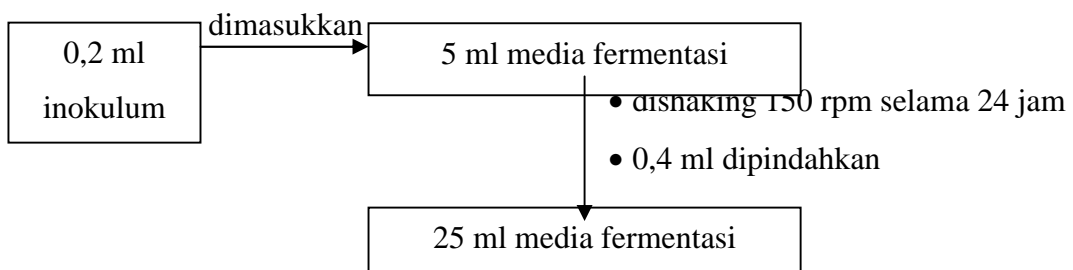
a. Pemeliharaan biakan

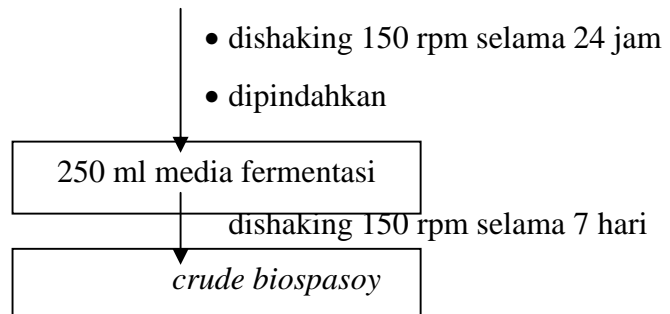


b. Persiapan inokulum

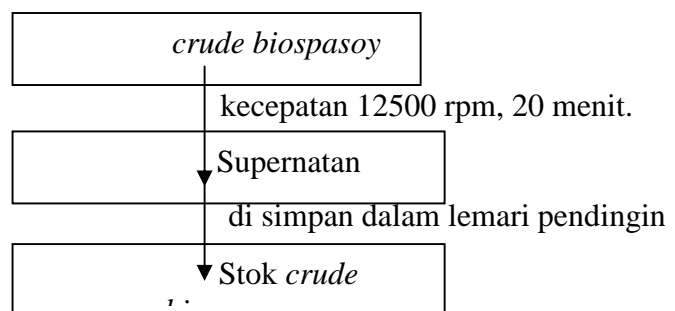


c. Kultur fermentasi

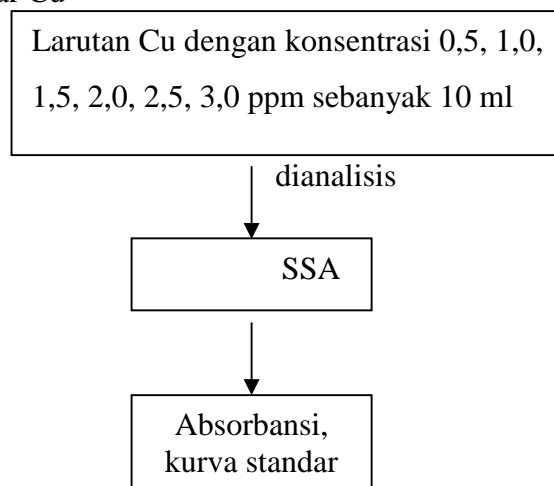




d. Pemisahan *crude biospasoy*

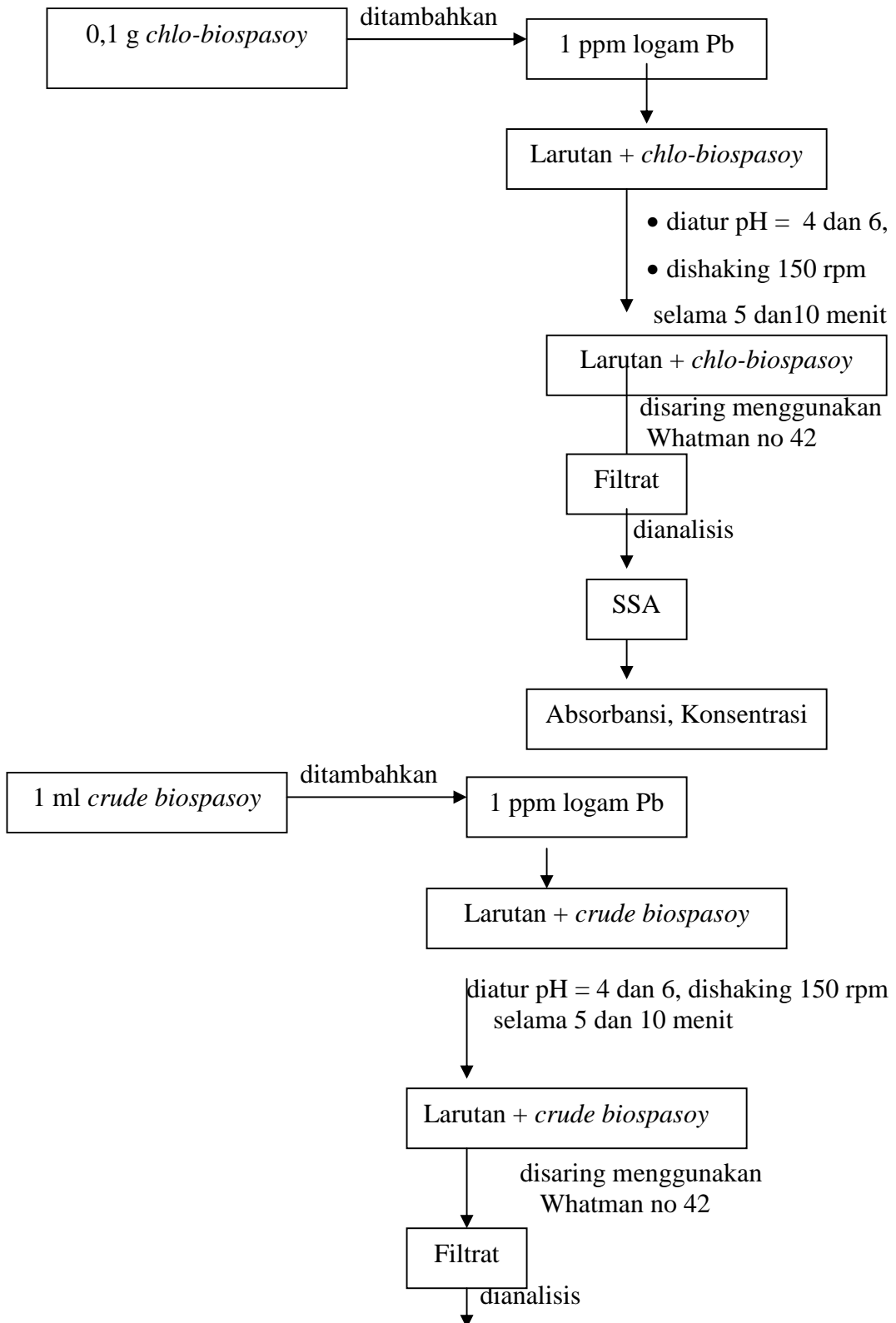


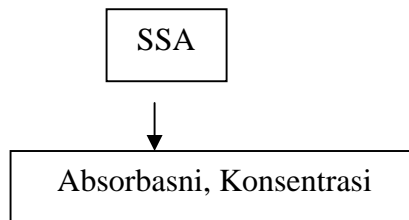
2. Pembuatan Kurva Standar Cu *



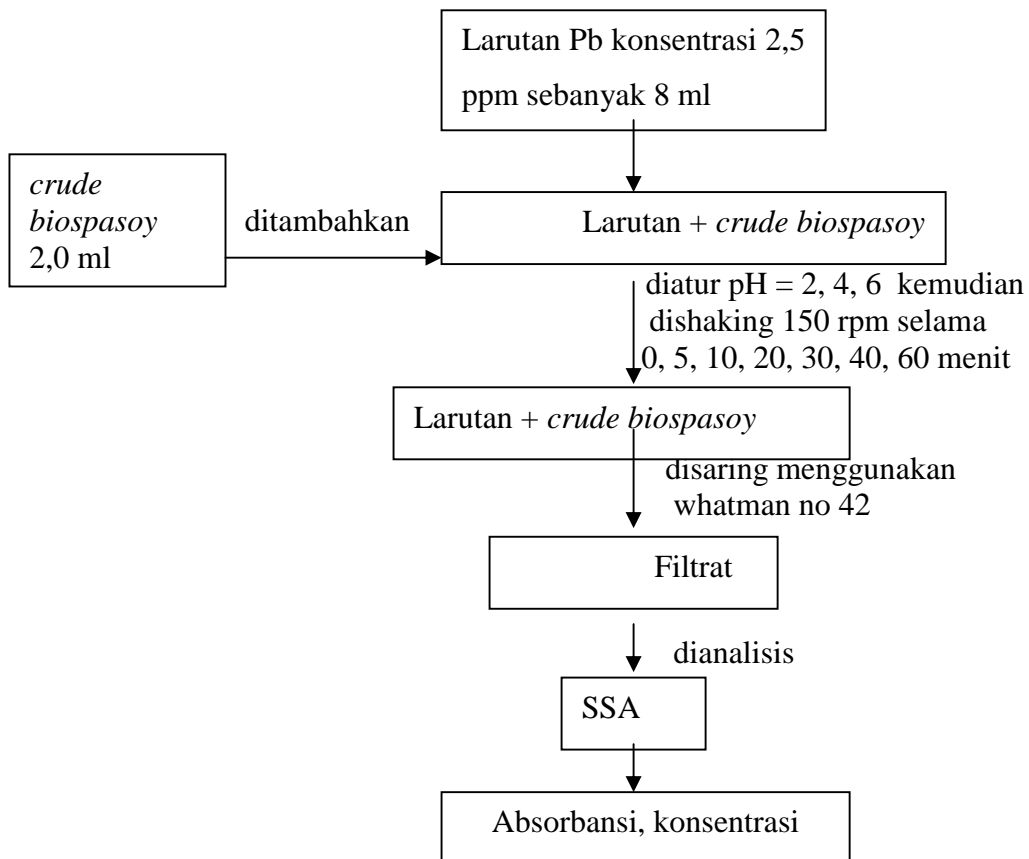
* Cara yang sama dilakukan untuk logam Cd dan Pb.

3. Perbandingan Presentase Penyerapan antara *chlo-biospasoy* dan *crude biospasoy*.



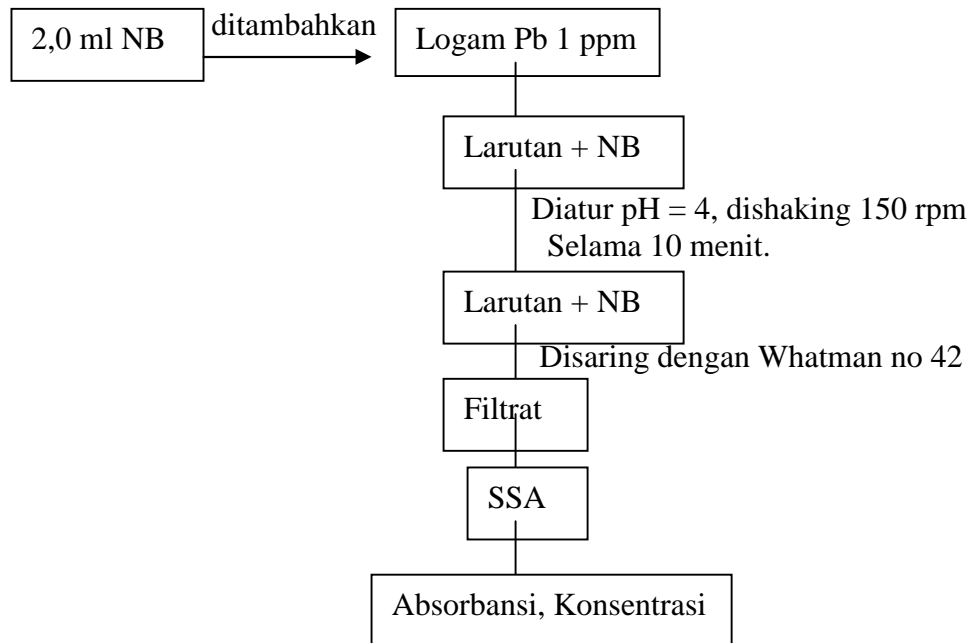


4. Penentuan Waktu kontak dan pH Optimum Ion Logam Pb*



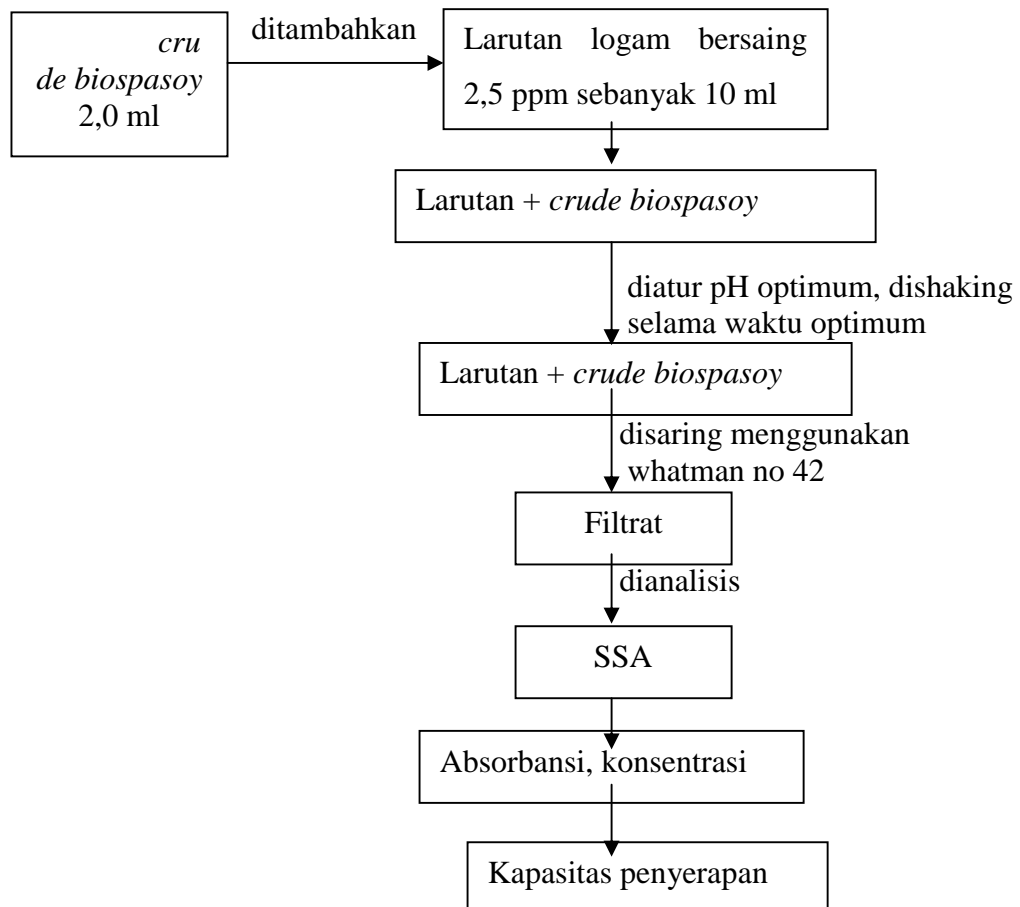
* Cara yang sama dilakukan untuk logam Cd dan Cu.

5. Penyerapan Media *Nutrient Broth* + Minyak Kedelai terhadap Ion Logam Pb*.

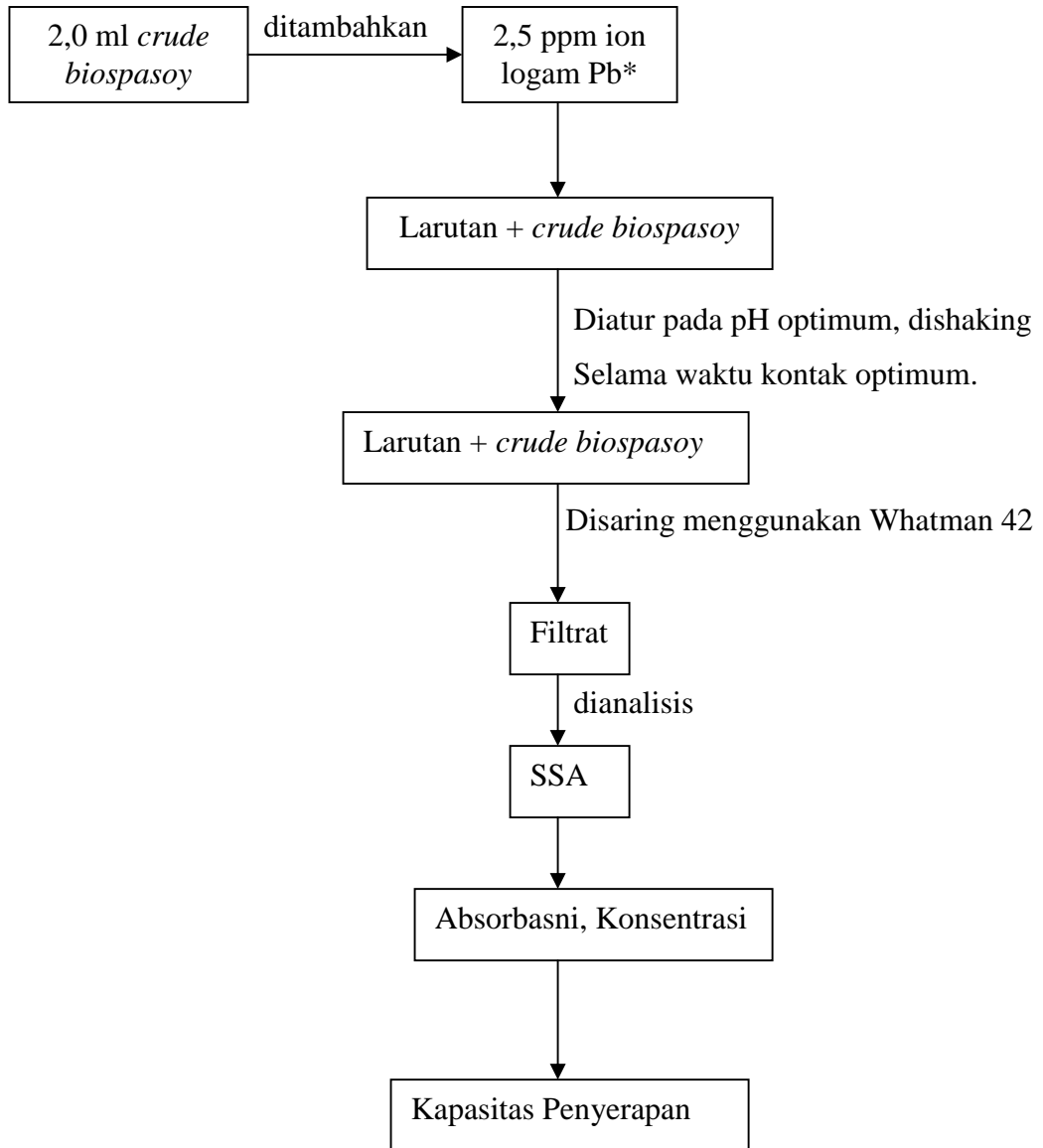


* Cara yang sama dilakukan untuk ion logam Cd dan Cu.

6. Pengambilan Ion Logam Bersaing oleh *crude biospasoy*.

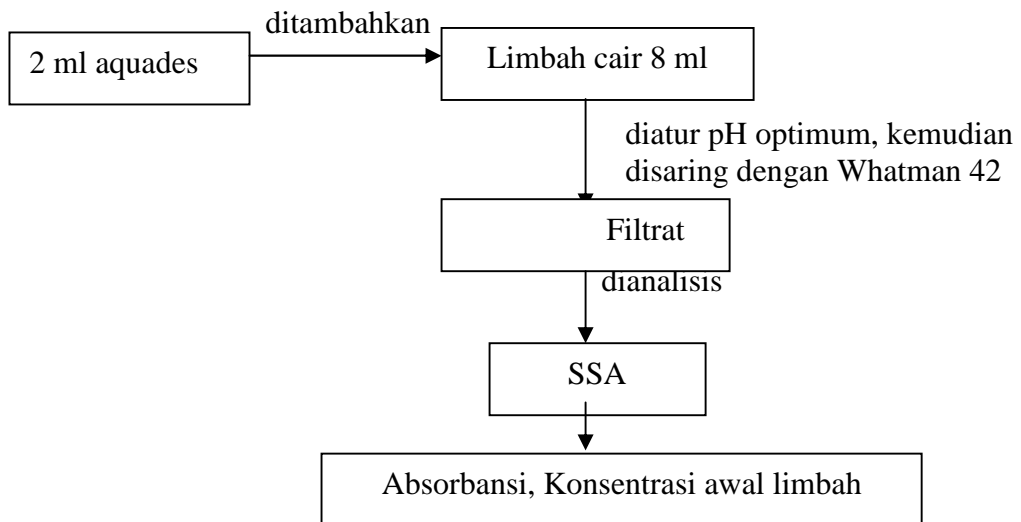


7. Pengambilan *crude biospasoy* terhadap ion logam tunggal.

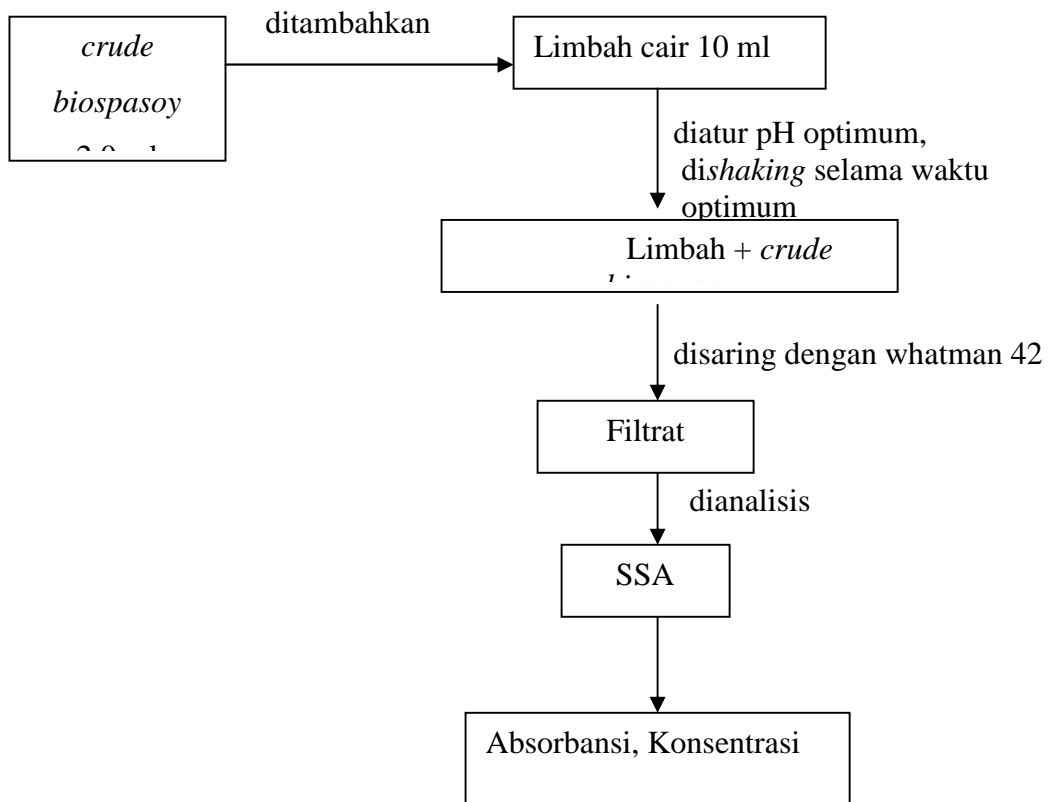


* Cara yang sama dilakukan untuk ion logam Cd dan Cu.

8. Penentuan Konsentrasi Logam Awal dalam Limbah



9. Pengambilan *Crude biospasoy* Terhadap Ion Logam Berat dalam Limbah.



Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Larutan Induk Ion Logam Pb, Cd, dan Cu.

a. Logam Pb 1000 ppm.

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi Logam Pb} &= \frac{\text{Mr Pb (NO}_3)_2 \times 1000 \text{ ppm}}{\text{Ar Pb}} \\ &= \frac{331,19 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ ppm}}{207,19 \text{ g/mol}} \\ &= 1598,48 \text{ ppm} \\ &= 1598,48 \text{ mg/L} \\ &= 1,5985 \text{ g/L}\end{aligned}$$

Untuk membuat larutan logam Pb 1000 ppm dibutuhkan $\text{Pb(NO}_3)_2$ sebanyak 1,5985g

b. Logam Cd 1000 ppm.

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi Logam Cd} &= \frac{\text{Mr Cd (NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} \times 1000 \text{ ppm}}{\text{Ar Cd}} \\ &= \frac{308,4 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ ppm}}{112,4 \text{ g/mol}} \\ &= 2743,77 \text{ ppm} \\ &= 2743,77 \text{ mg/L} \\ &= 2,7438 \text{ g/L}\end{aligned}$$

Untuk membuat larutan logam Cd 1000 ppm dibutuhkan $\text{Cd (NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$ sebanyak 2,7438 g

c. Logam Cu 1000 ppm.

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi Logam Cu} &= \frac{\text{Mr Cu (NO}_3)_2 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O} \times 1000 \text{ ppm}}{\text{Ar Cu}} \\ &= \frac{65,37 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ ppm}}{243,37 \text{ g/mol}} \\ &= 3722,96 \text{ ppm} \\ &= 3722,96 \text{ mg/L} \\ &= 3,7230 \text{ g/L}\end{aligned}$$

Untuk membuat larutan logam Cd 1000 ppm dibutuhkan $\text{Cu (NO}_3)_2 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$ sebanyak 3,7230 g

Lampiran 3. Studi awal perbandingan pengambilan ion logam Pb oleh *crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy*.

a. Data AAS Konsentrasi Awal Logam Pb

Larutan	Konsentrasi logam Pb (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Pb	0,9954	0,9897	0,9915 \pm 0,0029
	0,9875	0,9888	
	0,9932	0,9941	

b. Data Presentase Pengambilan *crude biospasoy* dan *chlo-biospasoy* terhadap ion Logam Pb pada pH = 4 Waktu Kontak 5 menit.

Sample	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi sisa (ppm)			Konsentrasi terambil (ppm)	Presentase pengambilan (%)
		Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD		
Logam Pb + 0,1 g chlo- biospasoy	0,9915	0,6721	0,6795	0,6770 \pm 0,0046	0,3145	31,72
		0,6700	0,6773			
		0,6832	0,6801			
Logam Pb + 1 ml <i>Crude</i> biospasoy	0,9915	0,7011	0,6981	0,6935 \pm 0,0064	0,2980	30,06
		0,7002	0,6981			
		0,6973	0,7013			

c. Data Presentase Pengambilan *Crude biospasoy* dan *Chlo-biospasoy* terhadap ion Logam Pb pada pH = 4 Waktu Kontak 10 menit.

Sample	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi sisa (ppm)			Konsentrasi terambil (ppm)	Presentase pengambilan (%)
		Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD		
Logam Pb + 0,1 g chlo- biospasoy	0,9915	0,6616	0,6676	0,6619 \pm 0,0042	0,3296	33,24
		0,6594	0,6615			
		0,6588	0,6542			
Logam Pb + 1 ml <i>Crude</i> biospasoy	0,9915	0,6904	0,6921	0,6891 \pm 0,0019	0,3024	30,50
		0,6912	0,6901			
		0,6895	0,6914			

d. Data Presentase Pengambilan *Crude biospasoy* dan *Chlo-biospasoy* terhadap ion Logam Pb pada pH = 6 Waktu Kontak 5 menit.

Sample	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi sisa (ppm)			Konsentrasi terambil (ppm)	Presentase pengambilan (%).
		Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD		
Logam Pb + 0,1 g chlo- biospasoy	0,9915	0,6501	0,6525	0,6525 \pm 0,0006	0,3390	34,19
		0,6524	0,6546			
		0,6513	0,6539			
Logam Pb + 1 ml <i>Crude</i> biospasoy	0,9915	0,6371	0,6301	0,6345 \pm 0,0011	0,3570	36,01
		0,6369	0,6325			
		0,6368	0,6335			

e. Data Presentase Pengambilan *Crude biospasoy* dan *Chlo-biospasoy* terhadap ion Logam Pb pada pH = 6 Waktu Kontak 10 menit.

Sample	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi sisa (ppm)			Konsentrasi terambil (ppm)	Presentase pengambilan (%).
		Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD		
Logam Pb + 0,1 g chlo- biospasoy	0,9915	0,6464	0,6478	0,6474 \pm 0,0004	0,3441	34,70
		0,6471	0,6459			
		0,6489	0,6481			
Logam Pb + 1 ml <i>Crude</i> biospasoy	0,9915	0,6239	0,6254	0,6243 \pm 0,0004	0,3672	37,03
		0,6249	0,6231			
		0,6230	0,6252			

Lampiran 4. Pengambilan ion logam Pb oleh *crude biospasoy*.

Tabel 1. Pengambilan ion logam Pb pada pH = 2 oleh *crude biospasoy*

Data AAS Pengambilan Ion Logam Pb oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 2.

Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Pb sisa (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol logam Pb	1,9905	1,9031	1,9061 \pm 0,0144
	1,9259	1,9115	
	1,8920	1,9001	
0 menit	1,7138	1,7261	1,7195 \pm 0,0043
	1,7193	1,7164	
	1,7242	1,7177	
5 menit	1,7168	1,7053	1,7226 \pm 0,0044
	1,7153	1,7147	
	1,7068	1,7108	
10 menit	1,7288	1,7371	1,7350 \pm 0,0037
	1,7296	1,7337	
	1,7324	1,7362	
20 menit	1,8580	1,8535	1,8552 \pm 0,0036
	1,8597	1,8496	
	1,8511	1,8550	
30 menit	1,6440	1,6590	1,6502 \pm 0,0055
	1,6474	1,6544	
	1,6563	1,6499	
40 menit	1,6380	1,6379	1,6375 \pm 0,0011
	1,6374	1,6351	
	1,6369	1,6381	
60 menit	1,6938	1,6899	1,6873 \pm 0,0048
	1,6890	1,6843	
	1,6868	1,6784	

a. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Pb oleh 2 ml *crudebiospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 2

Variasi waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	1,9061	1,7195 \pm 0,0043	0,1866 \pm 0,0041	0,0972	9,7896
5 menit	1,9061	1,7116 \pm 0,0044	0,1945 \pm 0,0044	0,1013	10,2041
10 menit	1,9061	1,7350 \pm 0,0037	0,1711 \pm 0,0037	0,0891	8,9764
20 menit	1,9061	1,8552 \pm 0,0036	0,0509 \pm 0,0036	0,0265	2,6704
30 menit	1,9061	1,6502 \pm 0,0055	0,2559 \pm 0,0055	0,1333	2,6704
40 menit	1,9061	1,6375 \pm 0,0011	0,2686 \pm 0,0011	0,1399	14,0916
60 menit	1,9061	1,6873 \pm 0,0048	0,2188 \pm 0,0048	0,1140	11,4789

Tabel 2. Pengambilan Ion Logam Pb oleh *crude biospasoy* pada pH = 4.

a. Data AAS Pengambilan Ion Logam Pb oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak Pada pH = 4

Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Pb sisa (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol logam Pb	1,9905	1,9031	1,9061 \pm 0,0144
	1,9259	1,9115	
	1,8920	1,9001	
0 menit	1,6783	1,7138	1,6939 \pm 0,0151
	1,7077	1,7114	
	1,6859	1,6808	
5 menit	1,3103	1,3096	1,3052 \pm 0,0037
	1,3017	1,3099	
	1,3062	1,3041	
10 menit	1,3705	1,3935	1,3843 \pm 0,0072
	1,3881	1,3950	
	1,3765	1,3823	
20 menit	1,4583	1,7381	1,4474 \pm 0,0081
	1,4499	1,4384	
	1,4374	1,4490	
30 menit	1,4962	1,5102	1,5031 \pm 0,0088
	1,4923	1,5171	
	1,5026	1,5102	
40 menit	1,4820	1,4723	1,4791 \pm 0,0041
	1,4850	1,4720	
	1,4791	1,4813	
60 menit	1,5391	1,5482	1,5483 \pm 0,0069
	1,5374	1,5462	
	1,5496	1,5395	

b. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Pb oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 4

Variasi waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) ± SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	1,9061	1,6939 ± 0,0151	0,2122 ± 0,0151	0,1105	11,1327
5 menit	1,9061	1,3052 ± 0,0037	0,6009 ± 0,0037	0,3130	31,5251
10 menit	1,9061	1,3843 ± 0,0072	0,5218 ± 0,0088	0,2718	27,3735
20 menit	1,9061	1,4474 ± 0,0081	0,4587 ± 0,0080	0,2389	24,0648
30 menit	1,9061	1,5031 ± 0,0088	0,4030 ± 0,0088	0,2099	21,1426
40 menit	1,9061	1,4791 ± 0,0041	0,4270 ± 0,0049	0,2224	22,4018
60 menit	1,9061	1,5483 ± 0,0069	0,3578 ± 0,0069	0,1864	22,3388

Tabel 3. Pengambilan Ion Logam Pb oleh *crude biospasoy* pada pH = 6.

a. Data AAS Pengambilan Ion Logam Pb oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 6.

Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Pb sisa (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol logam Pb	1,9905	1,9031	1,9061 \pm 0,0144
	1,9259	1,9115	
	1,8920	1,9001	
0 menit	1,8189	1,8152	1,8170 \pm 0,0269
	1,8175	1,8098	
	1,8165	1,8080	
5 menit	1,5202	1,5199	1,5219 \pm 0,0180
	1,5212	1,5224	
	1,5298	1,5158	
10 menit	1,6503	1,6501	1,6502 \pm 0,0041
	1,6498	1,6511	
	1,6514	1,6502	
20 menit	1,7754	1,7851	1,7852 \pm 0,0225
	1,7785	1,7842	
	1,7796	1,7869	
30 menit	1,7551	1,7516	1,7548 \pm 0,0163
	1,7543	1,7542	
	1,7562	1,7512	
40 menit	1,7133	1,8123	1,8128 \pm 0,0098
	1,8129	1,8079	
	1,8130	1,8059	
60 menit	1,8123	1,8064	1,8113 \pm 0,0077
	1,8114	1,8075	
	1,8120	1,8102	

b. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Pb oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan variasi Waktu Kontak pada pH = 6

Variasi waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) ± SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	1,9061	1,8170 ± 0,0269	0,0891 ± 0,0317	0,0464	4,6745
5 menit	1,9061	1,5219 ± 0,0180	0,3842 ± 0,0227	0,2001	19,6317
10 menit	1,9061	1,6502 ± 0,0041	0,2559 ± 0,0231	0,1333	13,4253
20 menit	1,9061	1,7852 ± 0,0225	0,1209 ± 0,0225	0,0630	6,3428
30 menit	1,9061	1,7548 ± 0,0063	0,1513 ± 0,0163	0,0788	7,9377
40 menit	1,9061	1,8128 ± 0,0098	0,0933 ± 0,0098	0,0486	4,8948
60 menit	1,9061	1,8113 ± 0,0077	0,0948 ± 0,0077	0,0494	4,9738

Contoh Perhitungan.

Berat *crude biospasoy* = Volume *crude biospasoy* x massa jenis *crude biospasoy*

$$= 2 \text{ ml} \times 9,6 \times 10^{-3} \text{ g/ml}$$

$$= 0,0192 \text{ g}$$

Kapasitas Pengambilan = $\frac{V(C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{\text{Berat } \textit{crude biospasoy}}$

$$= \frac{10 \text{ ml} (1,19061 - 1,7195) \text{ mg/L}}{0,0192 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,01 \text{ L} (0,1866) \text{ mg/L}}{0,0192 \text{ g}}$$

$$= 0,0972 \text{ mg/g.}$$

Presentase Pengambilan = $\frac{(C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$

$$= \frac{(1,19061 - 1,7195)}{1,19061} \times 100\%$$

$$= \frac{0,1866}{1,19061} \times 100\%$$

$$= 9,7896 \%$$

Lampiran 5. Uji Statistik Metode Duncan Untuk Pengambilan Ion Logam Pb oleh *crude biospasoy*.

A. Homogenitas variansi

1. Faktor pH

Ho : asumsi homogenitas variansi dipenuhi vs H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value < $\alpha = 0.01$

Statistik uji

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 3.402

P-Value : 0.183

Kesimpulan : Karena P-value = 0.183 > $\alpha = 0.01$ maka Ho tidak ditolak artinya asumsi homogenitas variansi dipenuhi.

2. Faktor waktu

Ho : asumsi homogenitas variansi dipenuhi vs H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value < $\alpha = 0.01$

Statistik uji

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 6.414

P-Value : 0.492

Kesimpulan : Karena P-value = 0.492 > $\alpha = 0.01$ maka Ho tidak ditolak artinya asumsi homogenitas variansi dipenuhi.

B. Analisis Variansi

Akan dilakukan uji untuk mengetahui pengaruh tiap faktor terhadap Pb.

- Faktor pH

Ho : Tidak terdapat pengaruh faktor pH terhadap Pb

H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value < $\alpha = 0.01$

Statistik uji

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PB

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.337	2	.169	19.257	.000
Intercept	1.284	1	1.284	146.728	.000
pH_PB	.337	2	.169	19.257	.000
Error	.184	21	8.753E-03		
Total	1.805	24			
Corrected Total	.521	23			

Total					
-------	--	--	--	--	--

a R Squared = .647 (Adjusted R Squared = .614)

Berdasar tabel anava di atas, didapat nilai P-value = 0.000

Kesimpulan : Karena P-value = 0.000 < α = 0.01 maka Ho ditolak artinya terdapat pengaruh faktor ph terhadap Pb.

Lebih lanjut dapat dilihat dengan Pos Hoc Test

PB

Duncan

	N	Subset	
pH_PB		1	2
pH6	8	.107313	
pH2	8	.195700	
pH4	8		.390987
Sig.		.073	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 8.753E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b Alpha = .01.

Terlihat bahwa pH4 memiliki rata – rata terbesar, sehingga secara statistik dapat dikatakan bahwa pH4 paling mempengaruhi kenaikan konsentrasi terserap Pb.

- Faktor Waktu

Ho : Tidak terdapat pengaruh faktor waktu terhadap Pb

H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi α = 1%

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value < α =0.01

Statistik uji

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PB

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.640E-02	7	6.629E-03	.224	.974
Intercept	1.284	1	1.284	43.305	.000
WAKTU_PB	4.640E-02	7	6.629E-03	.224	.974
Error	.475	16	2.966E-02		
Total	1.805	24			
Corrected Total	.521	23			

a R Squared = .089 (Adjusted R Squared = -.309)

Berdasar tabel anava di atas, didapat nilai P-value = 0.974

Kesimpulan : Karena P-value = 0.974 > α = 0.01 maka Ho tidak ditolak artinya tidak terdapat pengaruh faktor waktu terhadap Pb.

Lebih lanjut dapat dilihat dengan Pos Hoc Test

PB

Duncan

	N	Subset
WAKTU_P B		1
20	3	.145400
15	3	.195900
0	3	.218233
60	3	.223800
10	3	.239467
40	3	.262967
30	3	.270067
5	3	.294833
Sig.		.360

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 2.966E-02.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .01.

Terlihat semua pH berada dalam satu kelompok sehingga secara statistik, waktu tidak dapat ditentukan.

Lampiran 6. Pengambilan Ion logam Cd oleh *crude biospasoy*.

Table 4. Pengambilan Ion Logam Cd oleh *crude biospasoy* pada pH = 2.

a..Data AAS Pengambilan Ion Logam Cd oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 2

Variasi Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Cd sisa (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Cd	1,9847	1,9830	1,9858 \pm 0,0049
	1,9835	1,9926	
	1,9746	1,9815	
0 menit	1,8483	1,8462	1,8463 \pm 0,0037
	1,8490	1,8509	
	1,8371	1,8412	
5 menit	1,8246	1,8279	1,8251 \pm 0,0039
	1,8230	1,8290	
	1,8189	1,8301	
10 menit	1,8610	1,8659	1,8629 \pm 0,0031
	1,8604	1,8678	
	1,8637	1,8666	
20 menit	1,8572	1,8593	1,8607 \pm 0,0026
	1,8571	1,8631	
	1,8633	1,8636	
30 menit	1,8763	1,8637	1,8656 \pm 0,0053
	1,8710	1,8624	
	1,8673	1,8626	
40 menit	1,8615	1,8732	1,8691 \pm 0,0056
	1,8643	1,8773	
	1,8657	1,8724	
60 menit	1,8496	1,88571	1,8519 \pm 0,0036
	1,8479	1,8563	
	1,8486	1,8526	

b .Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cd oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 2.

Variasi Waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	1,9858	1,8443 \pm 0,0049	0,1395 \pm 0,0049	0,0727	7,0320
5 menit	1,9858	1,8231 \pm 0,0039	0,1607 \pm 0,0039	0,0837	8,1006
10 mnenit	1,9858	1,8599 \pm 0,0031	0,1229 \pm 0,0031	0,0640	6,1952
20 menit	1,9858	1,8577 \pm 0,0026	0,1251 \pm 0,0026	0,0652	6,1952
30 menit	1,9858	1,8626 \pm 0,0053	0,1201 \pm 0,0053	0,0626	6,0591
40 menit	1,9858	1,8661 \pm 0,0056	0,1167 \pm 0,0056	0,0608	8,4031
60 menit	1,9858	1,8499 \pm 0,0036	0,1339 \pm 0,0036	0,0697	6,7497

Table 5. Pengambilan Ion Logam Cd oleh *crude biospasoy* pada pH = 4.

a. Data AAS Pengambilan Ion Logam Cd oleh 2 ml *Crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 4

Variasi Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Cd sisa (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Cd	1,9847	1,9830	1,9858 \pm 0,0049
	1,9835	1,9926	
	1,9746	1,9815	
0 menit	1,8172	1,7989	1,8117 \pm 0,0093
	1,8163	1,8151	
	1,8188	1,7961	
5 menit	1,8301	1,8401	1,8359 \pm 0,0050
	1,8329	1,8400	
	1,8302	1,8421	
10 menit	1,7301	1,7254	1,7272 \pm 0,0035
	1,7314	1,7237	
	1,7303	1,7249	
20 menit	1,7409	1,7390	1,7368 \pm 0,0042
	1,7418	1,7316	
	1,7351	1,7312	
30 menit	1,7686	1,7588	1,7654 \pm 0,0051
	1,7667	1,7598	
	1,7689	1,7580	
40 menit	1,7441	1,7490	1,7471 \pm 0,0035
	1,7457	1,7494	
	1,7399	1,7483	
60 menit	1,8039	1,8034	1,8045 \pm 0,0029
	1,8044	1,8107	
	1,8031	1,8071	

b .Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cd oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 4.

Variasi Waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) ± SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	1,9858	1,8097 ± 0,0093	0,1741 ± 0,0093	0,0907	8,7761
5 menit	1,9858	1,8389 ± 0,0050	0,1449 ± 0,0050	0,0755	7,5562
10 menit	1,9858	1,7252 ± 0,0035	0,2586 ± 0,0031	0,1347	13,0356
20 menit	1,9858	1,7348 ± 0,0042	0,2490 ± 0,0042	0,1297	12,5517
30 menit	1,9858	1,7634 ± 0,0051	0,2204 ± 0,0051	0,1148	11,1200
40 menit	1,9858	1,7451 ± 0,0035	0,2387 ± 0,0019	0,1243	12,0325
60 menit	1,9858	1,8025 ± 0,0029	0,1813 ± 0,0029	0,0944	9,1390

Table 6. Pengambilan Ion Logam Cd oleh *crude biospasoy* pada pH = 6.

a..Data AAS Pengambilan Ion Logam Cd oleh 2 ml *Crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 6

Variasi Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Csis (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Cd	1,9847	1,9830	1,9858 \pm 0,0049
	1,9835	1,9926	
	1,9746	1,9815	
0 menit	1,9022	1,9045	1,9036 \pm 0,0015
	1,9046	1,9067	
	1,9037	1,9031	
5 menit	1,8334	1,8291	1,8315 \pm 0,0021
	1,8308	1,8283	
	1,8337	1,8295	
10 menit	1,6607	1,6584	1,6608 \pm 0,0023
	1,6621	1,6566	
	1,6635	1,6609	
20 menit	1,6858	1,6817	1,6871 \pm 0,0039
	1,6880	1,6818	
	1,6889	1,6898	
30 menit	1,6991	1,7007	1,6982 \pm 0,0032
	1,6964	1,7018	
	1,6925	1,7008	
40 menit	1,7219	1,7146	1,7171 \pm 0,0036
	1,7201	1,7141	
	1,7218	1,7136	
60 menit	1,7364	1,7341	1,7361 \pm 0,0018
	1,7377	1,7333	
	1,7384	1,7356	

b .Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cd oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 6.

Variasi Waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	1,9858	1,9016 \pm 0,0015	0,0822 \pm 0,0015	0,0428	4,1436
5 menit	1,9858	1,8295 \pm 0,0021	0,1543 \pm 0,0020	0,0804	7,7780
10 mnenit	1,9858	1,6588 \pm 0,0023	0,3250 \pm 0,0023	0,1693	16,3827
20 menit	1,9858	1,6851 \pm 0,0039	0,2987 \pm 0,0034	0,1556	15,0570
30 menit	1,9858	1,6962 \pm 0,0032	0,2876 \pm 0,0023	0,1498	14,4974
40 menit	1,9858	1,7151 \pm 0,0036	0,2687 \pm 0,0037	0,1399	13,5447
60 menit	1,9858	1,7341 \pm 0,0018	0,2499 \pm 0,0018	0,1302	12,5870

Lampiran 7. Uji Statistik Metode Duncan Untuk Pengambilan Ion Logam Cd oleh *crude biospasoy*

A. Uji Homogenitas variansi

- Faktor pH

Ho : asumsi homogenitas variansi dipenuhi vs H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value $< \alpha = 0.01$

Statistik uji

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.010

P-Value : 0.604

Kesimpulan : Karena P-value = 0.604 $> \alpha = 0.01$ maka Ho tidak ditolak artinya asumsi homogenitas variansi dipenuhi.

- Faktor waktu

Ho : asumsi homogenitas variansi dipenuhi vs H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value $< \alpha = 0.01$

Statistik uji

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.930

P-Value : 0.926

Kesimpulan : Karena P-value = 0.926 $> \alpha = 0.01$ maka Ho tidak ditolak artinya asumsi homogenitas variansi dipenuhi.

B. Analisis Variansi

Akan dilakukan uji untuk mengetahui pengaruh tiap faktor terhadap Cd.

- Faktor pH

Ho : Tidak terdapat pengaruh faktor pH terhadap Cd

H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value $< \alpha = 0.01$

Statistik uji

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.129	2	6.460E-02	26.514	.000
Intercept	.269	1	.269	110.286	.000
pH_CD	.129	2	6.460E-02	26.514	.000

Error	4.385E-02	18	2.436E-03		
Total	.442	21			
Corrected Total	.173	20			

a R Squared = .747 (Adjusted R Squared = .718)

Berdasar tabel anava di atas, didapat nilai P-value = 0.000

Kesimpulan : Karena P-value = 0.000 < α = 0.01 maka Ho ditolak artinya terdapat pengaruh faktor ph terhadap Cd.

Lebih lanjut dapat dilihat dengan Pos Hoc Test

CD

Duncan

	N	Subset	
pH_CD		1 2	
pH2	7	.035929	
pH4	7	.082714	
pH6	7		.220700
Sig.		.093	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 2.436E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.000.

b Alpha = .01.

Terlihat bahwa pH6 memiliki rata – rata terbesar, sehingga secara statistik dapat dikatakan bahwa pH6 paling mempengaruhi kenaikan konsentrasi terserap.

- Faktor Waktu

Ho : Tidak terdapat pengaruh faktor waktu terhadap Cd

H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi α = 1%

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value < α =0.01

Statistik uji

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.197E-02	6	1.994E-03	.173	.980
Intercept	.269	1	.269	23.352	.000
WAKTU_CD	1.197E-02	6	1.994E-03	.173	.980
Error	.161	14	1.151E-02		
Total	.442	21			
Corrected Total	.173	20			

a R Squared = .069 (Adjusted R Squared = -.330)

Berdasar tabel anava di atas, didapat nilai P-value = 0.980

Kesimpulan : Karena P-value = 0.980 < α = 0.01 maka Ho tidak ditolak artinya tidak terdapat pengaruh faktorwaktu terhadap Cd.

Lebih lanjut dapat dilihat dengan Pos Hoc Test

CD

Duncan

	N	Subset
WAKTU_CD		1
40	3	.077500
20	3	.089933
5	3	.103067
10	3	.106900
0	3	.129333
60	3	.137567
30	3	.147500
Sig.		.484

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 1.151E-02.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .01.

Terlihat semua waktu berada dalam satu kelompok sehingga secara statistik, waktu tidak dapat ditentukan.

Lampiran 8. Pengambilan Ion Logam Cu oleh *crude biospasoy*.

Tabel 7. Pengambilan Ion Logam Cu oleh *crude biospasoy* pada pH = 2.

a. Data AAS Pengambilan Ion Logam Cu oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 2

Variasi Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Cu sisa (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Cu	0,0226	2,0180	2,0178 \pm 0.0055
	2,0158	2,0191	
	2,0084	2,0259	
0 menit	2,0330	2,0136	2,0222 \pm 0.0077
	2,0151	2,0260	
	2,0260	2,0285	
5 menit	2,0318	2,0260	2,0333 \pm 0.0053
	2,0436	2,0329	
	2,0406	2,0309	
10 menit	2,0405	2,0807	2,0606 \pm 0.0125
	2,0416	2,0831	
	2,0382	2,0846	
20 menit	2,0702	2,0476	2,0589 \pm 0.0148
	2,0715	2,0479	
	2,0721	2,0452	
30 menit	2,0272	2,0272	2,0267 \pm 0.0047
	2,0272	2,0355	
	2,0329	2,0224	
40 menit	2,0306	2,0275	2,0242 \pm 0.0075
	2,0376	2,0211	
	2,0339	2,0245	
60 menit	2,0429	2,0359	2,0362 \pm 0.0057
	2,0417	2,0338	
	2,0439	2,0324	

c. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cu 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 2

Variasi Waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	2,0178	2,0222 \pm 0,0077	-0,0044 \pm 0,0077	-0,0033	-0,2181
5 menit	2,0178	2,0333 \pm 0,0053	-0,0155 \pm 0,0061	-0,0091	-0,7682
10 menit	2,0178	2,0606 \pm 0,0125	-0,0428 \pm 0,0132	-0,0223	-2,1211
20 menit	2,0178	2,0589 \pm 0,0148	-0,0411 \pm 0,0148	-0,0214	-2,0369
30 menit	2,0178	2,0267 \pm 0,0047	-0,0089 \pm 0,0047	-0,0046	-0,4411
40 menit	2,0178	2,0242 \pm 0,0075	-0,0064 \pm 0,0047	-0,0043	-0,3172
60 menit	2,0178	2,0362 \pm 0,0057	-0,0184 \pm 0,0057	-0,0096	-0,9119

Tabel 8. Pengambilan Ion Logam Cu oleh *crude biospasoy* pada pH = 4.

a. Data AAS Pengambilan Ion Logam Cu oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 4

Variasi Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Cu sisa (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Cu	0,0226	2,0180	2,0178 \pm 0,0055
	2,0158	2,0191	
	2,0084	2,0259	
0 menit	1,8705	1,9115	1,8915 \pm 0,0151
	1,8857	1,9054	
	1,8877	1,9082	
5 menit	1,8963	1,9082	1,9064 \pm 0,0081
	1,8972	1,9097	
	1,8924	1,9067	
10 menit	1,8826	1,9045	1,8816 \pm 0,0145
	1,8734	1,9021	
	1,8746	1,8956	
20 menit	1,9021	1,9030	1,9016 \pm 0,0037
	1,8951	1,9041	
	1,8966	1,9041	
30 menit	1,9102	1,9237	1,9221 \pm 0,0060
	1,9174	1,9277	
	1,7185	1,9261	
40 menit	1,9083	1,9178	1,9178 \pm 0,0464
	1,9050	1,9194	
	1,9068	1,9172	
60 menit	1,9620	1,9593	1,9646 \pm 0,0040
	1,9613	1,9577	
	1,9650	1,9648	

b. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cu oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 4

Variasi Waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	2,0178	1,8915 \pm 0,0151	0,1263 \pm 0,0151	0,0658	6,2593
5 menit	2,0178	1,9064 \pm 0,0081	0,1114 \pm 0,0080	0,0580	5,5209
10 menit	2,0178	1,8816 \pm 0,0145	0,1362 \pm 0,0145	0,0709	6,7499
20 menit	2,0178	1,9016 \pm 0,0137	0,1162 \pm 0,0137	0,0605	5,7587
30 menit	2,0178	1,9221 \pm 0,0060	0,0957 \pm 0,0061	0,0498	4,7428
40 menit	2,0178	1,9178 \pm 0,0464	0,1000 \pm 0,0079	0,0521	4,9559
60 menit	2,0178	1,9646 \pm 0,0040	0,0532 \pm 0,0039	0,0277	2,6365

Tabel 9. Pengambilan Ion Logam Cu oleh *crude biospasoy* pada pH = 6.

a. Data AAS Pengambilan Ion Logam Cu oleh 2 ml *Crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 6.

Variasi Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Cu sisa (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Cu	0,0226	2,0180	2,0178 \pm 0,0055
	2,0158	2,0191	
	2,0084	2,0259	
0 menit	1,8531	1,8507	1,8538 \pm 0,0032
	1,8547	1,8553	
	1,8524	1,8553	
5 menit	1,8163	1,7259	1,8264 \pm 0,0052
	1,8189	1,8268	
	1,8279	1,8275	
10 menit	1,7940	1,8022	1,7971 \pm 0,0032
	1,7989	1,7930	
	1,7990	1,7961	
20 menit	1,8987	1,9167	1,9107 \pm 0,0065
	1,9084	1,9151	
	1,9044	1,9130	
30 menit	1,8766	1,8629	1,8675 \pm 0,0062
	1,8629	1,8644	
	1,8623	1,8757	
40 menit	1,8626	1,8589	1,8568 \pm 0,0039
	1,8589	1,8575	
	1,8575	1,8629	
60 menit	1,9303	1,9160	1,9205 \pm 0,0074
	1,9310	1,9154	
	1,9291	1,9017	

b. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cu oleh 2 ml *crude biospasoy* dengan Variasi Waktu Kontak pada pH = 6.

Variasi Waktu kontak	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm) \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
0 menit	2,0178	1,8538 \pm 0,0105	0,1640 \pm 0,0117	0,0854	8,1228
5 menit	2,0178	1,8264 \pm 0,0052	0,1914 \pm 0,0052	0,0997	9,4856
10 menit	2,0178	1,7971 \pm 0,0132	0,2207 \pm 0,0132	0,1149	10,9377
20 menit	2,0178	1,9107 \pm 0,0165	0,1071 \pm 0,0165	0,0558	5,3325
30 menit	2,0178	1,8675 \pm 0,0062	0,1503 \pm 0,0062	0,0783	7,4487
40 menit	2,0178	1,8568 \pm 0,0039	0,1610 \pm 0,0027	0,0839	7,9790
60 menit	2,0178	1,9205 \pm 0,0074	0,0973 \pm 0,0082	0,0509	4,8221

Lampiran 9. Uji Statistik Metode Duncan Untuk Pengambilan Ion Logam Cu oleh *crude biospasoy*.

A. Uji Homogenitas Variansi

1. faktor pH

Ho : asumsi homogenitas variansi dipenuhi vs H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika $P\text{-value} < \alpha = 0.01$

Statistik uji

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 16.945

P-Value : 0.000

Kesimpulan : Karena $P\text{-value} = 0.000 < \alpha = 0.01$ maka Ho ditolak artinya asumsi homogenitas variansi tidak dipenuhi. Maka data perlu ditransformasi untuk menstabilkan variansi.

Dengan transformasi $Cu^* = \ln(Cu)$. Kemudian dilakukan uji homogenitas variansi sebagai berikut :

Ho : asumsi homogenitas variansi dipenuhi vs H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika $P\text{-value} < \alpha = 0.01$

Statistik uji

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 4.829

P-Value : 0.089

Kesimpulan : Karena $P\text{-value} = 0.089 > \alpha = 0.01$ maka Ho tidak ditolak artinya asumsi homogenitas variansi dipenuhi.

2. faktor waktu

Ho : asumsi homogenitas variansi dipenuhi vs H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika $P\text{-value} < \alpha = 0.01$

Statistik uji

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 6.998

P-Value : 0.429

Kesimpulan : Karena $P\text{-value} = 0.429 > \alpha = 0.01$ maka Ho tidak ditolak artinya asumsi homogenitas variansi dipenuhi.

B. Analisis Variansi

Akan dilakukan uji untuk mengetahui pengaruh tiap faktor terhadap Cu.

- Faktor pH

Ho : Tidak terdapat pengaruh faktor ph terhadap Cu

H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value < $\alpha = 0.01$

Statistik uji

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CU

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.257	2	.129	19.454	.000
Intercept	9.551E-02	1	9.551E-02	14.459	.001
PHCU	.257	2	.129	19.454	.000
Error	.139	21	6.605E-03		
Total	.491	24			
Corrected Total	.396	23			

a R Squared = .649 (Adjusted R Squared = .616)

Berdasar tabel anava di atas, didapat nilai P-value = 0.000

Kesimpulan : Karena P-value = 0.000 < $\alpha = 0.01$ maka Ho ditolak artinya terdapat pengaruh faktor ph terhadap indeks Cu.

Lebih lanjut dapat dilihat dengan Pos Hoc Test

CU

Duncan

	N	Subset	
PHCU		1	2
ph2	8	-.080163	
ph4	8		.108763
ph6	8		.160650
Sig.		1.000	.216

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 6.605E-03.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b Alpha = .01.

Terlihat rata – rata pH4 dan pH6 memiliki nilai tertinggi, sehingga secara statistik dapat dikatakan bahwa pH4 dan pH6 memiliki pengaruh terbesar terhadap kenaikan konsentrasi terserap Cu.

- Faktor Waktu

Ho : Tidak terdapat pengaruh faktor pH thd kenaikan konsentrasi terserap Cu

H1 : Ho tidak benar

Dipilih tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

Daerah kritis, Ho ditolak jika P-value < $\alpha = 0.01$

Statistik uji

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CU

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.286E-02	7	6.122E-03	.278	.954
Intercept	9.551E-02	1	9.551E-02	4.331	.054
WAKTU	4.286E-02	7	6.122E-03	.278	.954
Error	.353	16	2.205E-02		
Total	.491	24			
Corrected Total	.396	23			

a R Squared = .108 (Adjusted R Squared = -.282)

Berdasar tabel anava di atas, didapat nilai P-value = 0.954

Kesimpulan : Karena P-value = 0.954 > α = 0.01 maka Ho tidak ditolak artinya tidak terdapat pengaruh faktor pH terhadap Cu.

Lebih lanjut dapat dilihat dengan Pos Hoc Test

CU

Duncan

	N	Subset
WAKTU		1
10	3	-.034800
60	3	.034667
20	3	.066967
30	3	.069033
40	3	.074867
0	3	.094433
5	3	.095533
15	3	.103967
Sig.		.326

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 2.205E-02.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .01.

Terlihat semua pH berada dalam satu kelompok sehingga secara statistik, waktu tidak dapat ditentukan.

Lampiran 10. Uji Statistik Metode Duncan Untuk Ketiga Ion Logam (Ion Logam Bersaing).

Akan dilihat apakah ada interaksi antara factor pH dan waktu kontak terhadap konsentrasi (dengan menggunakan uji hipotesis)

- H_0 : Tidak terdapat interaksi antara kedua faktor
- H_1 : Terdapat interaksi antara antara kedua faktor
- Digunakan $\alpha = 5 \% = 0.05$
- Daerah kritis, H_0 ditolak apabila $p < \alpha$
- Statistik uji

Dari komputasi data dengan SPSS diperoleh hasil sebagai berikut :

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KONSENT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.433	23	1.883E-02	.836	.672
Intercept	1.279	1	1.279	56.791	.000
pH	.260	2	.130	5.765	.006
WAKTU	3.642E-02	7	5.203E-03	.231	.976
pH * WAKTU	.126	14	8.999E-03	.400	.968
Error	1.013	45	2.252E-02		
Total	2.738	69			
Corrected Total	1.446	68			

a R Squared = .299 (Adjusted R Squared = -.059)

- Kesimpulan

Karena $p = 0.968 > \alpha = 0.05$, maka H_0 tidak ditolak. Berarti tidak terdapat interaksi antara kedua faktor terhadap konsentrasi.

Karena H_0 tidak ditolak, maka dilakukan uji lanjut untuk mengetahui faktor mana yang mempengaruhi respon.

a. Faktor pH

- H_0 : Tidak terdapat efek faktor pH terhadap respon
- H_1 : Terdapat efek faktor pH terhadap respon

- Digunakan $\alpha = 5 \% = 0.05$
- Daerah kritis, H_0 ditolak apabila $p < \alpha$
- Statistik uji

Dari komputasi data dengan SPSS diperoleh hasil sebagai berikut :

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KONSENT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.433	23	1.883E-02	.836	.672
Intercept	1.279	1	1.279	56.791	.000
pH	.260	2	.130	5.765	.006
WAKTU	3.642E-02	7	5.203E-03	.231	.976
pH * WAKTU	.126	14	8.999E-03	.400	.968
Error	1.013	45	2.252E-02		
Total	2.738	69			
Corrected Total	1.446	68			

a R Squared = .299 (Adjusted R Squared = -.059)

- Kesimpulan

Karena $p = 0.006 < \alpha = 0.05$, maka H_0 ditolak. Berarti terdapat efek faktor pH terhadap respon konsentrasi, pada tingkat kepercayaan 95%.

b. Faktor Waktu

- H_0 : Tidak terdapat efek faktor waktu kontak terhadap respon
- H_1 : Terdapat efek faktor waktu kontak terhadap respon
- Digunakan $\alpha = 5 \% = 0.05$
- Daerah kritis, H_0 ditolak apabila $p < \alpha$
- Statistik uji

Dari komputasi data dengan SPSS diperoleh hasil sebagai berikut :

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KONSENT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.433	23	1.883E-02	.836	.672
Intercept	1.279	1	1.279	56.791	.000
pH	.260	2	.130	5.765	.006
WAKTU	3.642E-02	7	5.203E-03	.231	.976
pH * WAKTU	.126	14	8.999E-03	.400	.968
Error	1.013	45	2.252E-02		
Total	2.738	69			
Corrected Total	1.446	68			

a. R Squared = .299 (Adjusted R Squared = -.059)

- Kesimpulan

Karena $p = 0.976 < \alpha = 0.05$, maka H_0 tidak ditolak. Berarti tidak terdapat efek faktor waktu terhadap respon konsentrasi, pada tingkat kepercayaan 95%.

Ternyata yang mempengaruhi konsentrasi terserap adalah faktor pH, sedangkan faktor waktu kontak tidak terlalu mempengaruhi.

Akan dicari pH yang paling berpengaruh terhadap konsentrasi dengan metode Duncan.

Post Hoc Tests

PH

Homogeneous Subsets

KONSENT

Duncan^{a,b}

PH	N	Subset	
		1	2
ph2	23	.051122	
ph6	23		.160374
ph4	23		.199000
Sig.		1.000	.387

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2.252E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 23.000.

b. Alpha = .05.

Urutan rata –rata konsentrasi terserap dari masing – masing pH (dari kecil – besar)

:

$$pH2 = 0.051122$$

$$pH6 = 0.160374$$

$$pH4 = 0.199000$$

Dari hasil komputasi tersebut, terlihat bahwa pH2 menghasilkan pengaruh yang terkecil terhadap konsentrasi terserap. pH6 dan pH4 menghasilkan pengaruh yang hampir sama terhadap konsentrasi terserap. Dan yang mempunyai pengaruh yang terbesar terhadap konsentrasi terserap adalah pH4.

Apabila dilakukan uji Duncan terhadap faktor waktu.

WAKTU

Homogeneous Subsets

KONSENT

Duncan^{a,b,c}

WAKTU	N	Subset
		1
20	9	.100767
10	9	.103856
60	9	.132011
40	9	.138444
0	9	.147333
15	6	.149933
30	9	.162200
5	9	.164478
Sig.		.462

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2.252E-02.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.471.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = .05.

Ternyata ke – 8 jenis waktu kontak, tidak dapat ditentukan secara pasti.

Lampiran 11. Pengambilan Ion Logam Pb, Cd, dan Cu oleh Media *Nutrient Broth* yang Mengandung Minyak Kedelai 10 % (v/v).

Tabel 10.

a. Penentuan Konsentrasi Awal Ion Logam Pb.

Larutan	Konsentrasi Logam Pb (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Pb	0,4026	0,3902	0,3965 \pm 0,0051
	0,3904	0,3995	
	0,4033	0,3930	

b Data Presentase pengambilan Media *Nutrient Broth* yang Mengandung Minyak Kedelai 10 % (v/v) terhadap Ion Logam Pb.

Larutan	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi sisa (ppm)			Konsentrasi terserap (ppm)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)
		Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD		
0,2 NB	0,3965	0,4004	0,4005	0,4009 \pm 0,0013	-0,0044	-0,0028
		0,4002	0,4013			
		0,3999	0,3974			

Tabel 11.

a. Penyerapan Media *Nutrient Broth* yang Mengandung Minyak Kedelai 10 % (v/v) terhadap Ion Logam Cd

Larutan	Konsentrasi Logam Cd (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Cd	0,6496	0,6529	0,6514 \pm 0,0010
	0,6531	0,6533	
	0,6498	0,6494	

b Data Presentase pengambilan Media *Nutrient Broth* yang Mengandung Minyak Kedelai 10 % (v/v) terhadap Ion LogamCd.

Larutan	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi sisa (ppm)			Konsentrasi terserap (ppm)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)
		Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD		
0,2 NB	0,6514	0,6501	0,6449	0,6507 \pm 0,0011	0,0007	0,0004
		0,6546	0,6548			
		0,6548	0,6499			

Tabel 12.

a. Penyerapan Media *Nutrient Broth* + Minyak Kedelai terhadap Ion Logam Cu

Larutan	Konsentrasi Logam Cu (ppm)		
	Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD
Kontrol Logam Cu	0,4433	0,4335	0,4360 \pm 0,0012
	0,4287	0,4421	
	0,4385	0,4299	

b Data Presentase penyreapan Media *Nutrient Broth* + Minyak Kedelai terhadap Ion LogamCu.

Larutan	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi sisa (ppm)			Konsentrasi terserap (ppm)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)
		Perulangan I	Perulangan II	Rata-rata \pm SD		
0,2 NB	0,4360	0,4355	0,4301	0,4340 \pm 0,0020	0,0020	0,0013
		0,4323	0,4310			
		0,4389	0,4298			

Lampiran 12. Pengambilan Ion Logam Bersaing oleh *Crude biospasoy*

Tabel 13. Data Pengambilan Ion Logam Bersaing oleh 2 ml *Crude biospasoy*
Pada pH = 4, Waktu Kontak 5 menit dan 10 menit.

a. Data SSA Pengambilan Ion Logam Bersaing pH 4.

Sampel	Perulangan I (ppm)	Perulangan II (ppm)	Perulangan III (ppm)
Kontrol Pb	1,9954	1,9888	1,9871
	1,9937	1,9875	1,9854
	1,9974	1,9901	1,9931
Pb 5 menit	1,6071	1,5901	1,5931
	1,5959	1,5874	1,6046
	1,6093	1,5881	1,6073
Pb 10 menit	1,5031	1,4935	1,4951
	1,5049	1,4952	1,4921
	1,5057	1,4937	1,4934
Kontrol Cd	1,9284	1,9391	1,9254
	1,9269	1,9345	1,9264
	1,9290	1,9371	1,9273
Cd 5 menit	1,6831	1,6801	1,6703
	1,6859	1,6791	1,6711
	1,6872	1,6752	1,6741
Cd 10 menit	1,6049	1,6104	1,6131
	1,6057	1,6153	1,6124
	1,6093	1,6161	1,6079
Kontrol Cu	1,9184	1,9163	1,9084
	1,9169	1,9162	1,9091
	1,9190	1,9176	1,9073
Cu 5 menit	1,7301	1,7231	1,7325
	1,9322	1,7259	1,7304
	1,7345	1,7241	1,7291
Cu 10 menit	1,5113	1,5114	1,5101
	1,5141	1,5121	1,5091
	1,5151	1,5178	1,5041

b. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Bersaing pH = 4

Logam	Konsentrasi awal (ppm) \pm SD	Konsentrasi sisa (ppm) \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)
Pb 5 menit	1,9909 \pm 0,0039	1,6045 \pm 0,0021	0,3864	0,2013
Pb 10 menit	1,9909 \pm 0,0039	1,5005 \pm 0,0035	0,4904	0,2554
Cd 5 menit	1,9293 \pm 0,0053	1,6801 \pm 0,0034	0,2492	0,1298
Cd 10 menit	1,9293 \pm 0,0053	1,6142 \pm 0,0025	0,3151	0,1641
Cu 5 menit	1,9144 \pm 0,0019	1,7280 \pm 0,0045	0,1864	0,0971
Cu 10 menit	1,9144 \pm 0,0019	1,5111 \pm 0,0057	0,2033	0,1059

Tabel 14. Data Pengambilan Ion Logam Bersaing oleh 2 ml *Crude* biospasoy Pada pH = 6, Waktu Kontak 5 menit dan 10 menit.

a. Data SSA Pengambilan Ion Logam Bersaing pH 6.

Sampel	Perulangan I (ppm)	Perulangan II (ppm)	Perulangan III (ppm)
Kontrol Pb	1,9931	1,9874	1,9825
	1,9972	1,9851	1,9873
	1,9954	1,9821	1,9889
Pb 5 menit	1,7431	1,7351	1,7328
	1,7452	1,7342	1,7374
	1,7489	1,7331	1,7381
Pb 10 menit	1,7349	1,9391	1,7251
	1,7352	1,9382	1,7249
	1,7398	1,7355	1,7232
Kontrol Cd	1,9832	1,9830	1,9871
	1,9855	1,9906	1,9881
	1,9856	1,9815	1,9853
Cd 5 menit	1,6737	1,6601	1,6749
	1,6749	1,6624	1,6787
	1,6723	1,6639	1,6771
Cd 10 menit	1,6454	1,6497	1,6571
	1,6421	1,6485	1,6552
	1,6449	1,6489	1,6544
Kontrol Cu	1,9926	1,9927	1,9921
	1,9878	1,9981	1,9974
	1,9883	1,9869	1,9951
Cu 5 menit	1,7771	1,7684	1,7679
	1,7789	1,7691	1,7759
	1,7757	1,7685	1,7684
Cu 10 menit	1,7317	1,7428	1,7473
	1,7331	1,7391	1,7474
	1,7332	1,7442	1,7387

b. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Bersaing pH = 6.

Logam	Konsentrasi awal (ppm) \pm SD	Konsentrasi sisa (ppm) \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)
Pb 5 menit	1,9888 \pm 0,0057	1,7404 \pm 0,0041	0,2484	0,1194
Pb 10 menit	1,9888 \pm 0,0057	1,7338 \pm 0,0039	0,2550	0,1328
Cd 5 menit	1,9856 \pm 0,0029	1,6730 \pm 0,0060	0,3126	0,1628
Cd 10 menit	1,9856 \pm 0,0029	1,6494 \pm 0,0031	0,3362	0,1751
Cu 5 menit	1,9923 \pm 0,0009	1,7736 \pm 0,0047	0,2187	0,1139
Cu 10 menit	1,9923 \pm 0,0009	1,7398 \pm 0,0083	0,2525	0,1315

Lampiran 13. Pengambilan Ion Logam Tunggal Oleh *Crude biospasoy*.

a. Data SSA Pengambilan Ion Logam Tunggal Pada pH = 4 dan Waktu Kontak 10 menit.

Sampel	Perulangan I (ppm)	Perulangan II (ppm)	Perulangan III (ppm)
Kontrol Pb	1,9505	1,9031	1,9231
	1,9503	1,9005	1,9241
	1,9559	1,9076	1,9233
Sampel logam Pb	1,4105	1,4035	1,3925
	1,3981	1,4050	1,3925
	1,3865	1,3823	1,3955
Kontrol Cd	1,9847	1,9830	1,9735
	1,9854	1,9906	1,9749
	1,9756	1,9815	1,9832
Sampel Logam Cd	1,6567	1,6491	1,6581
	1,6581	1,6473	1,6571
	1,6588	1,6501	1,6588
Kontrol Cu	2,0224	2,0084	2,0009
	2,0138	2,0108	1,9978
	2,0013	2,0054	1,9982
Sampel Logam Cu	1,7826	1,7845	1,7851
	1,7734	1,7821	1,7798
	1,7746	1,7956	1,7843

b. Data Kapasitas Penyerapan Ion Logam Tunggal Pada pH = 4 dan Waktu Kontak 10 menit.

Logam	Konsentrasi awal (ppm) ± SD	Konsentrasi sisa (ppm) ± SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)
Pb 10 menit	1,9363±0,0158	1,3977±0,0041	0,5386	0,2805
Cd 10 menit	1,9835±0,0018	1,6544±0,0020	0,3325	0,1732
Cu 10 menit	2,0104±0,0027	1,7821±0,0030	0,2283	0,1190

Lampiran 14. Pengambilan Ion Logam dalam Limbah Pencucian Perak oleh *crude biospasoy*.

Tabel 15. Data Pengambilan Ion Logam dalam Limbah Pencucian Perak oleh 2 ml *crude biospasoy* Pada pH = 4 dan Waktu Kontak 10 menit.

a. Logam Pb

Sampel	Perulangan I (ppm)	Perulangan II (ppm)	Rata-rata \pm SD	Konsentrasi Terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
Kontrol	1,1699	1,1696	1,1699 \pm 0,0004			
	1,1699	1,1705				
	1,1702	1,1693				
Waktu 10 menit	0,7698	0,7597	0,7655 \pm 0,0044	0,4044	0,2106	34,5671
	0,7654	0,7663				
	0,7581	0,7682				

b. Logam Cd

Sampel	Perulangan I (ppm)	Perulangan II (ppm)	Rata-rata \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
Kontrol	0,3835	0,3845	0,3833 \pm 0,0008			
	0,3831	0,3841				
	0,3821	0,3825				
Waktu 10 menit	0,3112	0,3137	0,3105 \pm 0,0027	0,0728	0,0379	18,9930
	0,3124	0,3066				
	0,3074	0,3128				

c. Logam Cu

Sampel	Perulangan I (ppm)	Perulangan II (ppm)	Rata-rata \pm SD	Konsentrasi terambil (ppm)	Kapasitas penyerapan (mg/g)	Presentase pengambilan (%)
Kontrol	12,7039	12,6879	12,6463 \pm 0,0495			
	12,6903	12,6235				
	12,5837	12,5883				
Waktu 10 menit	12,6044	12,6183	12,6171 \pm 0.0339	0,0292	0,0152	0,2309
	12,6101	12,6152				
	12,6065	12,6164				