

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul Depan.....	i
Halaman Sampul Dalam.....	ii
Lembar Prasyarat Gelar.....	iii
Lembar Pengesahan.....	iv
Pernyataan Orisinalitas Karya Ilmiah	v
Halaman Panitia Penguji Tesis	vi
Ucapan Terima Kasih	vii
Ringkasan	ix
Abstrak	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar	xvi
Daftar Lampiran	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencemaran Air.....	7
2.2 Logam Berat.....	11
2.3 Timbal (Pb).....	12
2.4 Kadmium (Cd).....	13
2.5 Tembaga (Cu).....	14
2.6 Biosorpsi.....	14
2.7 Lorjuk (<i>Solen vagina</i>)	16
2.8 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	19
2.8.1 Teori Dasar SSA.....	19
2.8.2 Instrumentasi SSA.....	21
2.9 Isoterm Adsorpsi.....	23
2.10 Kinetika Adsorpsi.....	24
2.11 Validasi Metode.....	25

BAB III KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

3.1 Kerangka Konsep Penelitian.....	30
3.2 Hipotesis Penelitian.....	32

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis dan Rancangan Penelitian.....	34
4.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	34
4.3 Variabel dan Definisi Operasional.....	35
4.3.1 Klasifikasi Variabel.....	35
4.3.2 Definisi Operasional.....	35
4.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	36
4.4.1 Bahan Penelitian.....	36
4.4.2 Alat Penelitian.....	36
4.5 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	36
4.6 Prosedur Penelitian.....	36
4.6.1 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian.....	36
4.6.2 Karakterisasi Biosorben.....	37
4.7 Validasi Metode.....	38
4.7.1 Linearitas Timbal (Pb).....	38
4.7.2 Linearitas Kadmium (Cd).....	39
4.7.3 Linearitas Tembaga (Cu).....	40
4.7.4 <i>Limit of Detection</i> (LOD) dan <i>Limit of Quantification</i> (LOQ).....	42
4.7.5 Akurasi dan Presisi.....	42
4.8 Penentuan Kadar Logam Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺ dalam Biosorben.....	42
4.9 Penentuan Kadar Logam Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺ dalam Larutan Kontrol.....	43
4.10 Proses Biosorpsi dan Penentuan Kadar Logam Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺	43
4.10.1 Pengaruh Konsentrasi Awal Logam.....	43
4.10.2 Pengaruh Massa Biosorben.....	44
4.10.3 Pengaruh Waktu Kontak.....	44
4.11 Analisis Data.....	45
4.11.1 Perhitungan Persentase Efisiensi.....	45
4.11.2 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi.....	45
4.11.3 Analisis Pengaruh Parameter Terhadap Biosorpsi.....	46
4.12 Kerangka Operasional.....	47

BAB V HASIL PENELITIAN

5.1 Karakterisasi Serbuk Cangkang Lorjuk (<i>Solen vagina</i>).....	48
5.1.1 FTIR-ATR.....	48
5.1.2 X-Ray Fluorescence (XRF).....	50
5.1.3 Penentuan Kadar Awal Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺ dalam cangkang lorjuk sebelum digunakan sebagai Biosorben.....	51
5.2 Validasi Metode.....	52
5.2.1 Linearitas Timbal (Pb).....	52
5.2.2 <i>Limit of Detection</i> (LOD) dan <i>Limit of Quantification</i> (LOQ).....	54
5.2.3 Akurasi dan Presisi.....	55
5.3 Penentuan Kadar Logam Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺ dalam Larutan Kontrol.....	57
5.4 Proses Biosorpsi dan Penentuan Kadar Logam Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺	58
5.4.1 Pengaruh Konsentrasi Awal Logam.....	58

5.4.2 Pengaruh Massa Biosorben.....	66
5.4.3 Pengaruh Waktu Kontak.....	70
5.5 Analisis Data.....	79
5.5.1 Pengaruh Konsentrasi Awal Logam.....	79
5.5.2 Pengaruh Massa Biosorben.....	80
5.5.3 Pengaruh Waktu Kontak.....	80
BAB VI PEMBAHASAN	
6.1 Karakterisasi Serbuk Cangkang Lorjuk (<i>Solen vagina</i>)	82
6.2 Validasi Metode.....	85
6.3 Penentuan Kadar Logam Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺ dalam Larutan Kontrol.....	87
6.4 Proses Biosorpsi dan Penentuan Kadar Logam Pb ²⁺ , Cd ²⁺ , dan Cu ²⁺	88
6.4.1 Pengaruh Konsentrasi Awal Logam.....	88
6.4.2 Pengaruh Massa Biosorben.....	90
6.4.3 Pengaruh Waktu Kontak.....	91
6.5 Analisis Data.....	93
6.5.1 Pengaruh Konsentrasi Awal Logam.....	93
6.5.2 Pengaruh Massa Biosorben.....	94
6.5.3 Pengaruh Waktu Kontak.....	94
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1 Kesimpulan.....	97
7.2 Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	107

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Kriteria mutu air berdasarkan kelas PP RI No. 82 Tahun 2001	9
2.2	Kriteria mutu air limbah berdasarkan kegiatan industry (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014)	9
2.3	Panjang gelombang tiap analit	21
2.4	Sumber atomisasi yang digunakan pada SSA (Skoog <i>et al.</i> , 2013)	22
2.5	Kriteria keberterimaan akurasi dan presisi (Horwitz, 2013)	28
4.1	Rancangan penelitian masing-masing parameter	45
5.1	Hasil <i>X-ray Fluorescence</i> (XRF) serbuk cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>)	51
5.2	Kadar awal Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+} pada serbuk cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>)	51
5.3	Data konsentrasi Pb^{2+} dan absorbansi	52
5.4	Data konsentrasi Cd^{2+} dan absorbansi	52
5.5	Data konsentrasi Cu^{2+} dan absorbansi	53
5.6	LOD dan LOQ dari Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+}	54
5.7	Penentuan Akurasi Pb^{2+}	55
5.8	Penentuan Akurasi Cd^{2+}	56
5.9	Penentuan Akurasi Cu^{2+}	56
5.10	Penentuan Presisi Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+}	57
5.11	Kadar Cu^{2+} terukur pada larutan kontrol dengan variasi massa biosorben	58
5.12	Kadar Cu^{2+} pada larutan kontrol dengan variasi waktu kontak	58
5.13	Pengaruh konsentrasi awal logam terhadap kadar Pb^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan massa biosorben dan waktu kontak tetap	59
5.14	Pengaruh konsentrasi awal logam terhadap kadar Cd^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan massa biosorben dan waktu kontak tetap	60
5.15	Pengaruh konsentrasi awal logam terhadap kadar Cu^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan massa biosorben dan waktu kontak tetap	60
5.16	Data perhitungan konstanta <i>Langmuir</i> dan <i>Freundlich</i> timbal (Pb^{2+})	65
5.17	Data perhitungan konstanta <i>Langmuir</i> dan <i>Freundlich</i> kadmium (Cd^{2+})	65
5.18	Data perhitungan konstanta <i>Langmuir</i> dan <i>Freundlich</i> Tembaga (Cu^{2+})	65
5.19	Pengaruh massa biosorben terhadap kadar Pb^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan konsentrasi awal Pb^{2+} dan waktu kontak tetap	66
5.20	Pengaruh massa biosorben terhadap kadar Cd^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan	66

	konsentrasi awal Pb^{2+} dan waktu kontak tetap	
5.21	Pengaruh massa biosorben terhadap kadar Cu^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan konsentrasi awal Pb^{2+} dan waktu kontak tetap	68
5.22	Pengaruh waktu kontak terhadap kadar Pb^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan konsentrasi awal Pb^{2+} dan massa biosorben tetap	70
5.23	Pengaruh waktu kontak terhadap kadar Cd^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan konsentrasi awal Pb^{2+} dan massa biosorben tetap	71
5.24	Pengaruh waktu kontak terhadap kadar Cu^{2+} pada proses biosorpsi menggunakan cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) dengan konsentrasi awal Pb^{2+} dan massa biosorben tetap	72
5.25	Data perhitungan konstanta Orde Satu dan Orde Dua timbal (Pb^{2+})	76
5.26	Data perhitungan konstanta Orde Satu dan Orde Dua kadmium (Cd^{2+})	77
5.27	Data perhitungan konstanta Orde Satu dan Orde Dua tembaga (Cu^{2+})	77
5.28	Bilangan gelombang FTIR-ATR serbuk cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) sebelum dan setelah proses biosorpsi Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+} .	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman	
2.1	Distribusi global <i>famili Solenidae</i> (Costa <i>et al.</i> , 2012)	17
2.2	Anatomi <i>Solenidae</i> (Costa <i>et al.</i> , 2012)	18
2.3	Skema kerja umum SSA (Vogel, 2000)	20
2.4	Komponen SSA (Deepak, 2014)	21
2.5	Ilustrasi akurasi dan presisi	27
3.1	Kerangka konsep penelitian	33
4.1	Kerangka operasional biosorpsi logam Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} menggunakan serbuk cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>)	47
5.1	Spektrum FTIR-ATR serbuk cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) sebelum proses biosorpsi Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+}	49
5.2	Hasil XRF serbuk cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) sebelum proses biosorpsi Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+}	50
5.3	Kurva hubungan konsentrasi Pb^{2+} dengan absorbansi	53
5.4	Kurva hubungan konsentrasi Cd^{2+} dengan absorbansi	54
5.5	Kurva hubungan konsentrasi Cu^{2+} dengan absorbansi	54
5.6	Grafik pengaruh konsentrasi awal logam terhadap persentase efisiensi adsorpsi (%) pada massa biosorben dan waktu kontak tetap	61
5.7	Grafik pengaruh konsentrasi awal logam terhadap kapasitas adsorpsi (ug/g) pada massa biosorben dan waktu kontak tetap	62
5.8	Grafik model isoterm <i>Langmuir</i> logam Pb^{2+}	63
5.9	Grafik model isoterm <i>Freundlich</i> logam Pb^{2+}	63
5.10	Grafik model isoterm <i>Langmuir</i> logam Cd^{2+}	63
5.11	Grafik model isoterm <i>Freundlich</i> logam Cd^{2+}	64
5.12	Grafik model isoterm <i>Langmuir</i> logam Cu^{2+}	64
5.13	Grafik model isoterm <i>Freundlich</i> logam Cu^{2+}	64
5.14	Grafik pengaruh massa biosorben terhadap persentase efisiensi adsorpsi (%) pada konsentrasi awal logam dan waktu kontak tetap	69
5.15	Grafik pengaruh massa biosorben terhadap kapasitas adsorpsi (ug/g) pada konsentrasi awal logam dan waktu kontak tetap	69
5.16	Grafik pengaruh waktu kontak terhadap persentase efisiensi adsorpsi (%) pada konsentrasi awal logam dan massa biosorben tetap	72
5.17	Grafik pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi (ug/g) pada konsentrasi awal logam dan massa biosorben tetap	73
5.18	Grafik kinetika orde satu logam Pb^{2+}	74
5.19	Grafik kinetika orde dua logam Pb^{2+}	74
5.20	Grafik kinetika orde satu logam Cd^{2+}	75

5.21	Grafik kinetika orde dua logam Cd^{2+}	75
5.22	Grafik kinetika orde satu logam Cu^{2+}	76
5.23	Grafik kinetika orde dua logam Cu^{2+}	76
5.24	Spektrum FTIR-ATR serbuk cangkang lorjuk (<i>Solen vagina</i>) sebelum dan setelah proses biosorpsi Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+}	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1	Surat keterangan identifikasi biosorben	107
2	Perhitungan dalam proses validasi metode	108
3	Perhitungan timbal (Pb^{2+})	108
4	Perhitungan kadmium (Cd^{2+})	110
5	Perhitungan tembaga (Cu^{2+})	111
6	Akurasi dan Presisi timbal (Pb^{2+})	113
7	Akurasi dan Presisi kadmium (Cd^{2+})	114
8	Akurasi dan Presisi tembaga (Cu^{2+})	115
9	Perhitungan persentase efisiensi dan kapasitas biosorpsi (q_e)	116
10	Perhitungan efisiensi dan q_e timbal (Pb^{2+})	116
11	Perhitungan efisiensi dan q_e kadmium (Cd^{2+})	123
12	Perhitungan efisiensi dan q_e tembaga (Cu^{2+})	129
13	Analisis statistic	136
14	Pengaruh konsentrasi awal logam	136
15	Pengaruh massa biosorben	140
16	Pengaruh waktu kontak	144