

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
ABSTRACT .....	v
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xx
DAFTAR SINGKATAN .....	xxi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	11
C. Tujuan Penelitian .....	12
1. Tujuan Umum .....	12
2. Tujuan Khusus .....	13
D. Keaslian Penelitian .....	13
E. Manfaat Penelitian dan Luaran Penelitian .....	20
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	21
A. Merkuri (Hg) .....	21
1. Sifat-sifat Merkuri .....	21
2. Penggunaan Merkuri .....	23
3. Efek Toksik Merkuri .....	23
4. Penyebaran Merkuri ke Lingkungan .....	28
5. Transformasi Merkuri ke Tubuh Manusia .....	29
6. Penanda Biologi Pencemaran Merkuri Pada Manusia .....	32
B. Pencemaran Logam Berat .....	35
1. Definisi Pencemaran .....	35
2. Toksisitas Logam Berat .....	36
C. Keselamatan dan Kesehatan Kerja .....	37
D. Biomonitoring .....	39
E. Geospasial .....	43
1. Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	43
2. Analisis Spasial .....	45
3. Interpolasi .....	46
F. Laporan Kejadian Pencemaran Merkuri .....	46
G. Dampak Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) .....	48
H. Bioakumulasi dan Biomagnifikasi .....	49
I. Kerangka Teoritis .....	50

J. Kerangka Konsep .....	51
K. Hipotesis .....	52
<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>53</b>
A. Jenis Penelitian .....	53
B. Rancangan Penelitian .....	53
C. Subyek Penelitian .....	53
1. Populasi .....	53
D. Tempat Penelitian .....	59
1. Topografi Daerah Penambangan Emas Krueng Sabee .....	60
E. Batasan Operasional Variabel .....	62
F. Alat Penelitian .....	66
G. Bahan Penelitian .....	66
H. Prosedur Penelitian .....	67
1. Survei Lapangan .....	68
a. Sistem Penambangan .....	68
b. Sistem Pengolahan Bijih .....	69
c. Wawancara .....	74
2. Analisis Laboratorium .....	74
a. Prosedur Sampling dan Pengujian Kimia Sampel Lingkungan .....	75
3. Pengukuran Data Spasial .....	79
I. Kendali Mutu Merkuri .....	80
J. Sumber Data .....	81
K. Analisis Statistik .....	83
a. Nilai R ( <i>multiple correlation coefficient</i> ) .....	84
b. Nilai <i>Adjusted R Square</i> .....	85
c. <i>Standard Error of the Estimates</i> .....	85
<b>BAB IV. HASIL .....</b>	<b>86</b>
A. Kadar Merkuri Air Sungai, Air Minum, Biota, dan Rambut Kepala Responden dengan Nilai Ambang Batas .....	86
1. Kadar Merkuri dalam Air.....	86
2. Kadar Merkuri pada Biota.....	87
3. Kadar Merkuri di dalam Rambut Kepala Responden.....	89
a. Kadar Merkuri di dalam Rambut Kepala Masyarakat ....	89
b. Kadar Merkuri Rambut Kepala Pekerja Tambang dan Bukan Pekerja Tambang .....	90
B. Faktor-Faktor Risiko Aktivitas Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) .....	91
1. Karakteristik Responden .....	91
2. Lokasi Tempat Tinggal Dan Jarak Tempat Tinggal Responden dari Industri Pengolahan Emas dengan Kadar Merkuri Rambut Kepala .....	92
C. Faktor-Faktor Risiko Pada Masyarakat .....	94
1. Sumber Air Minum.....	94
2. Konsumsi Biota ( <i>Seafood</i> ) .....	94
3. Kebiasaan Mandi di Sungai.....	97

4. Determinan Kerja.....	97
5. Penyimpanan Merkuri.....	99
D. Faktor-Faktor Risiko Pada Pekerja .....	100
1. Karakteristik Pekerja.....	100
2. Paparan Selama Aktivitas Menggunakan Merkuri .....	100
3. Pembakaran Amalgam.....	102
4. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) .....	103
E. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut dan Toksisitas Kronik Merkuri.....	106
1. Keluhan Gangguan Kesehatan Akibat Toksisitas Akut Merkuri.....	106
2. Keluhan Gangguan Kesehatan Akibat Toksisitas Kronik Merkuri.....	109
3. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut Dan Kronik Pada Pekerja dan Bukan Pekerja .....	111
a. Keluhan Toksisitas Akut Merkuri Pada Pekerja dan Bukan Pekerja .....	111
b. Keluhan Toksisitas Kronik Merkuri Pada Pekerja dan Bukan Pekerja .....	113
4. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut dan Kronik Merkuri Pada Pembakar dan Bukan Pembakar Amalgam.....	114
a. Keluhan Toksisitas Akut Merkuri Pada Pembakar dan Bukan Pembakar .....	114
b. Keluhan Toksisitas Kronik Merkuri Pada Pembakar dan Bukan Pembakar .....	115
F. Model Prediksi Dari Faktor-Faktor Risiko Yang Memengaruhi Kadar Merkuri di Rambut Kepala Responden .....	116
1. Evaluasi Model Pengukuran .....	116
2. Persamaan Model Prediksi Faktor-Faktor Risiko Pada Aktivitas PESK di Krueng Sabee, Aceh Jaya .....	118
G. Analisis Spasial.....	119
1. Penggunaan Lahan .....	120
2. Kemiringan Lereng .....	123
3. Sebaran Spasial Responden dan Kadar Merkuri di dalam Rambut Kepala .....	124
4. Sebaran Spasial Rerata Kadar Merkuri Pada Tiap Lokasi ..	130
5. Gambaran Spasial Keluhan Gangguan Kesehatan Akibat Toksisitas Akut dan Kronik Merkuri.....	132
6. Geovisualisasi Kontaminasi Merkuri dengan Interpolasi ...	135
BAB V. PEMBAHASAN .....	141
A. Kadar Merkuri Air Sungai, Air Minum, Biota, dan Rambut Kepala Responden dengan Nilai Ambang Batas .....	144
1. Kadar Merkuri dalam Air.....	144
2. Kadar Merkuri Pada Biota.....	149
3. Kadar Merkuri Pada Rambut Kepala Responden.....	152

a.	Kadar merkuri di dalam rambut kepala masyarakat .....	152
b.	Kadar merkuri di dalam rambut kepala pekerja tambang dan bukan pekerja tambang.....	156
B.	Faktor-Faktor Risiko Aktivitas Penambangan Emas Skala Kecil .....	157
1.	Karakteristik Responden.....	157
2.	Lokasi dan Jarak Tempat Tinggal Responden dengan Tempat Pengolahan Emas .....	160
C.	Faktor-Faktor Risiko Pada Masyarakat .....	161
1.	Sumber Air Minum.....	161
2.	Konsumsi Biota ( <i>Seafood</i> ) .....	163
3.	Kebiasaan Mandi di Sungai.....	164
4.	Determinan Kerja.....	166
5.	Penyimpanan Merkuri.....	168
D.	Faktor-Faktor Risiko Pada Pekerja .....	169
1.	Karakteristik Pekerja.....	169
2.	Paparan Selama Aktivitas Menggunakan Merkuri.....	169
3.	Pembakaran Amalgam.....	171
4.	Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) .....	173
E.	Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut dan Toksisitas Kronik Merkuri.....	176
1.	Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut Merkuri.....	177
2.	Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Kronik Merkuri.....	180
3.	Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut dan Kronik Pada Pekerja dan Bukan Pekerja Tambang.....	183
4.	Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut dan Kronik Pada Pembakar dan Bukan Pembakar.....	184
F.	Model Prediksi Dari Faktor-Faktor Risiko Yang Memengaruhi Kadar Merkuri pada Responden.....	186
G.	Analisis Spasial.....	188
1.	Penggunaan Lahan .....	189
2.	Sebaran Spasial Responden dan Kadar Merkuri di Rambut Kepala.....	189
3.	Sebaran Spasial Rerata Kadar Merkuri pada Tiap Lokasi....	191
4.	Gambaran Spasial Keluhan Gangguan Kesehatan Akibat Toksisitas Akut dan Kronik Merkuri.....	193
5.	Geovisualisasi Kontaminasi Merkuri dengan Interpolasi ...	195
H.	Keterbatasan Penelitian .....	197
BAB VI.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	199
A.	Kesimpulan .....	199
B.	Saran .....	201
DAFTAR PUSTAKA.....		203

SUMMARY .....	215
Background .....	215
Objectives .....	217
Benefits of Research.....	218
Methods .....	218
Analysis .....	221
Results .....	222
Discussion.....	227
Conclusion .....	232
Suggestion .....	233
RINGKASAN.....	235
Latar Belakang.....	235
Tujuan Penelitian.....	237
Manfaat Penelitian.....	238
Metode.....	239
Analisis.....	242
Hasil.....	243
Diskusi.....	248
Kesimpulan.....	253
Saran.....	254
LAMPIRAN .....	257
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	315

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Paparan dan jalur metabolisme merkuri di dalam tubuh .....	32
Gambar 2. Hubungan monitoring ambien, monitoring biologi dari paparan dan monitoring biologi dari efek toksikan.....	41
Gambar 3. Kerangka Teori Penelitian.....	50
Gambar 4. Kerangka Konsep Penelitian.....	51
Gambar 5. Peta Wilayah Penelitian.....	60
Gambar 6. Keadaan Topografi Gunung Ujeun.....	61
Gambar 7. Pembuatan <i>glory hole</i> .....	68
Gambar 8. Pemecahan Batuan dan Pengangkutan.....	69
Gambar 9. Gelondongan.....	70
Gambar 10. Penggunaan Cairan Merkuri pada Tahap Amalgamasi.....	71
Gambar 11. Proses Pencucian Amalgam.....	71
Gambar 12. Gumpalan Merkuri Setelah Penggilingan.....	71
Gambar 13. Proses Pemerasan Amalgam dan Hasil Amalgam Kering.....	72
Gambar 14. Proses Pembakaran/Pengarangan Amalgam.....	72
Gambar 15. Area Pemukiman Tempat Kegiatan Pengolahan Emas.....	73
Gambar 16. Prosedur Penelitian Analisis Laboratorium.....	82
Gambar 17. Rerata Kadar Merkuri (Hg) di dalam Air Sumur dan Air Sungai di Wilayah Kecamatan Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya.....	87
Gambar 18. Kadar Merkuri (Hg) Pada Spesies Biota yang Dikumpulkan dari Wilayah Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya.....	88
Gambar 19. Kadar Merkuri (Hg) Pada Rambut Kepala Responden di Wilayah Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya.....	89
Gambar 20. Kadar Merkuri (Hg) di dalam Rambut Kepala Pekerja Tambang dan Bukan Pekerja Tambang di Wilayah Krueng Sabee kabupaten Aceh Jaya.....	90
Gambar 21. Gambaran Konsumsi Biota ( <i>seafood</i> ) Pada Responden di Wilayah Krueng Sabee kabupaten Aceh Jaya.....	95
Gambar 22. Faktor-faktor Risiko Determinan Kerja.....	98
Gambar 23. Cara Penyimpanan Cairan Merkuri.....	99
Gambar 24. Faktor-faktor Risiko Paparan Selama Aktivitas Menggunakan Merkuri.....	101
Gambar 25. Hubungan Penggunaan APD Pekerja dengan Kadar Merkuri di Rambut Kepala.....	104
Gambar 26. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut Merkuri Pada Responden di Empat Desa (a) Curek (b) Paya Seumantok (c) Panggong (d) Panton Makmur di Wilayah Krueng Sabee, Aceh Jaya.....	108
Gambar 27. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Kronik Merkuri Pada Responden Di Empat Desa (a) Curek (b) Paya Seumantok (c) Panggong (d) Panton Makmur di Wilayah Krueng Sabee, Aceh Jaya.....	110
Gambar 28. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut Merkuri Pada Pekerja dan Bukan Pekerja Tambang.....	112

Gambar 29. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Kronik Merkuri Pada Pekerja dan Bukan Pekerja Tambang.....	113
Gambar 30. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Akut Merkuri Pada Pembakar Amalgam dan Bukan Pembakar Amalgam.....	114
Gambar 31. Keluhan Gangguan Kesehatan Subyektif Akibat Toksisitas Kronik Merkuri Pada Pembakar Amalgam dan Bukan Pembakar Amalgam.....	115
Gambar 32. Peta penggunaan lahan kecamatan Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya.....	121
Gambar 33. Kemiringan Lereng Wilayah Penelitian.....	124
Gambar 34. Peta kandungan merkuri dalam rambut di desa Curek .....	126
Gambar 35. Peta kandungan merkuri dalam rambut di desa Paya Seumantok.....	127
Gambar 36. Peta kandungan merkuri dalam rambut di desa Panggong .....	128
Gambar 37. Peta kandungan merkuri dalam rambut di desa Panton Makmur.....	129
Gambar 38. Sebaran Spasial Rerata Kadar Merkuri Rambut Kepala di 4 (Empat) Desa di Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya .....	131
Gambar 39. Pemetaan Keluhan Gangguan Akut Responden Pada 4 (Empat) Wilayah Penelitian .....	133
Gambar 40. Pemetaan Keluhan Gangguan Kronik Responden Pada 4 (Empat) Wilayah Penelitian .....	134
Gambar 41. Peta clustering merkuri desa Curek .....	136
Gambar 42. Peta clustering merkuri desa Paya Seumantok .....	137
Gambar 43. Peta clustering merkuri desa Panggong .....	138
Gambar 44. Peta clustering merkuri desa Panton Makmur .....	139

## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Nilai ambang batas merkuri berdasarkan pada berbagai jenis sampel.....	27
Tabel 2. Perhitungan jumlah sampel wilayah secara <i>cluster sampling</i> .....	55
Tabel 3. Populasi dan Sampel Penduduk dari Desa Penelitian.....	58
Tabel 4. Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	63
Tabel 5. Interpretasi Koefisien Korelasi.....	84
Tabel 6. Interpretasi Nilai <i>Adjusted R Square</i> .....	85
Tabel 7. Karakteristik Responden.....	91
Tabel 8. Lokasi Tempat Tinggal dan Jarak Tempat Tinggal Responden dari Industri Pengolahan Emas dengan Kadar Merkuri Rambut Kepala...	93
Tabel 9. Hubungan Sumber Air Minum Responden dengan Kadar Merkuri di dalam Rambut Kepala.....	94
Tabel 10. Kebiasaan Mandi di Sungai dengan Kadar Merkuri di dalam Rambut Kepala.....	97
Tabel 11. Karakteristik Pekerja di Wilayah Krueng Sabee, Aceh Jaya.....	100
Tabel 12. Faktor-faktor Risiko dari Pembakaran Amalgam.....	102
Tabel 13. Gambaran Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Kadar Merkuri Pekerja.....	103
Tabel 14. Analisis Multivariat Jenis Alat Pelindung Diri (APD) dan Aktivitas Makan dan Minum dengan Kadar Merkuri Pada Rambut Kepala Pekerja.....	105
Tabel 15. Model Prediksi Baik Dari Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Kadar Merkuri Di Dalam Rambut Kepala .....	117
Tabel 16. Data Penggunaan Lahan Sebelum dan Setelah Aktivitas Penambangan Emas di Kecamatan Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya.....	122

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Usaha Industri Pengolahan Emas dalam kabupaten Aceh Jaya Provinsi Aceh.....	258
Lampiran 2. Keterangan Kelaikan Etik ( <i>Ethical Clearance</i> ).....	259
Lampiran 3. Permohonan Persetujuan Menjadi Responden.....	260
Lampiran 4. Lembaran Persetujuan Menjadi Responden ( <i>Informed Consent</i> ).263	263
Lampiran 5. Kuesioner Sosio-Ekonomi-Demografi.....	264
Lampiran 6. Kuesioner Penelitian.....	265
Lampiran 7. Permohonan Ijin Melakukan Analisis .....	271
Lampiran 8. Izin Pengumpulan Data Penelitian.....	272
Lampiran 9. Hasil Analisis Laboratorium.....	273
Lampiran 10. Data Deskripsi Sampel Air Sungai.....	274
Lampiran 11. Hasil Analisis Rambut Kepala.....	275
Lampiran 12. Data Identitas Responden Berdasarkan Tempat tinggal.....	276
Lampiran 13. Hasil Analisis Statistik.....	277

## DAFTAR SINGKATAN

PESK	=Penambangan Emas Skala Kecil
APD	=Alat Pelindung Diri
Hg	=Merkuri
WHO	= <i>World Health Organization</i>
ILO	= <i>International Labour Organization</i>
SIG	=Sistem Informasi Geografis
KLB	=Kejadian Luar Biasa
K3	=Keselamatan dan Kesehatan Kerja
HgCl <sub>2</sub>	=Merkuri khlorida
HgO	=Merkuri oksida
HgS	=Merkuri sulfida
MeHg	=Metil merkuri
USEPA	= <i>United States Environmental Protection Agency</i>
ADI	= <i>Acceptable Daily Intake</i>
PTWI	= <i>Provisional Tolerable Weekly Intake</i>
PMTDI	= <i>Provisional Maksimum Tolerable Daily Intake</i>
MTDI	= <i>Maximum Tolerable Daily Intake</i>
IPCS	= <i>International Programme on Chemical Safety</i>
PERMenLH	=Peraturan Menteri Lingkungan Hidup
TLV	= <i>Treshold Limit Value</i>
TWA	= <i>Time Weighted Average</i>
BLV	= <i>Biological Limit Value</i>
BEI	= <i>Biological Exposure Index</i>
GIS	= <i>Geographical Information System</i>

BPS	=Badan Pusat Statistik
ICP-MS	= <i>Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry</i>
CV-AAS	= <i>Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometer</i>
APHA	= <i>American Public Health Association</i>
GPS	= <i>Global Positioning System</i>
SD	=Standar Deviasi