

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
INTISARI .....	xii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Keaslian Penelitian .....	4
I.3 Tujuan Penelitian .....	5
I.4 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS</b> .....	7
II.1 Tinjauan Pustaka .....	7
II.1.1 Zat humat .....	7
II.1.2 Eterifikasi HA .....	12
II.1.3 Oksidasi HA .....	14
II.1.4 Emas .....	14
II.1.5 Tembaga .....	17
II.1.6 Nikel .....	18
II.1.7 Adsorpsi .....	19
II.2 Perumusan Hipotesis dan Rancangan Penelitian .....	24
II.2.1 Perumusan hipotesis 1 .....	24
II.2.2 Perumusan hipotesis 2 .....	26
II.2.3 Perumusan hipotesis 3 .....	27
II.2.4 Perumusan hipotesis 4 .....	27
II.2.5 Perumusan hipotesis 5 .....	28
II.2.6 Perumusan hipotesis 6 .....	29
II.2.7 Rancangan penelitian .....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	32
III.1 Bahan .....	32
III.2 Peralatan .....	32
III.3 Prosedur .....	32
III.3.1 Isolasi HA .....	32
III.3.2 Pemurnian HA .....	33

III.3.3	Eterifikasi HA .....	33
III.3.4	Penentuan kadar abu HA atau HAEter .....	33
III.3.5	Penentuan gugus fungsional HA atau HAEter .....	33
III.3.6	Pengaruh pH pada adsorpsi Au(III) oleh HA, HAEter atau HAOks menggunakan UV-Vis .....	34
III.3.7	Pengaruh pH pada adsorpsi Au(III) oleh HA atau HAEter menggunakan AAS .....	35
III.3.8	Pengaruh konsentrasi Au(III) pada adsorpsi Au(III) oleh HA atau HAEter .....	35
III.3.9	Pengaruh konsentrasi Au(III) dan adanya ion logam Cu(II) atau Ni(II) pada adsorpsi Au(III) oleh HA atau HAEter .....	35
III.3.10	Pengaruh waktu pada adsorpsi Au(III) oleh HA atau HAEter .....	36
III.3.11	Pengaruh waktu dan keberadaan ion logam Cu(II) atau Ni(II) pada adsorpsi Au(III) oleh HA atau HAEter .....	36
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
IV.1.	Karakterisasi HA. ....	37
IV.1.1	Penentuan kadar abu .....	37
IV.1.2	Penentuan gugus fungsional .....	38
IV.1.3	Spektroskopi inframerah HA kotor, HA, HAEter dan HAOks .....	39
IV.2.	Pengaruh pH pada Adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> oleh Zat Humat dengan Menggunakan Analisis UV-Vis .....	42
IV.2.1	Adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> oleh HA .....	43
IV.2.2	Adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> oleh HAEter .....	50
IV.2.3	Adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> oleh HAOks .....	54
IV.2.4	Karakterisasi FTIR dan XRD padatan HA, HAEter dan HAOks setelah mengadsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> menggunakan metode UV Vis .....	59
IV.3.	Pengaruh Variasi pH terhadap Adsorpsi Au(III) oleh Zat Humat Menggunakan analisis AAS .....	63
IV.3.1	Adsorpsi Au(III) oleh HA .....	63
IV.3.2	Adsorpsi Au(III) oleh HAEter .....	65
IV.3.3	Adsorpsi campuran Au(III) dan Cu(II) oleh HA .....	67
IV.3.4	Adsorpsi campuran Au(III) dan Ni(II) oleh HA .....	71
IV.3.5	Adsorpsi campuran Au(III) dan Cu(II) oleh HAEter .....	74
IV.3.6	Adsorpsi campuran Au(III) dan Ni(II) oleh HAEter .....	76

IV.3.7	Perbandingan Au(III), Cu(II) dan Ni(II) <i>removed</i> ...	79
IV.3.8	Karakterisasi FTIR dan XRD padatan HA dan HAEter setelah mengadsorpsi Au(III) menggunakan metode AAS .....	81
IV.4.	Penentuan Parameter Termodinamika Adsorpsi Au(III) oleh HA dan HAEter .....	84
IV.4.1	Penentuan parameter termodinamika adsorpsi Au(III) oleh HA .....	84
IV.4.2	Penentuan parameter termodinamika adsorpsi Au(III) oleh HAEter .....	91
IV.4.3	Penentuan parameter termodinamika adsorpsi Au(III) oleh HA dalam sistem campuran Au(III) dan Cu(II) .....	95
IV.4.4	Penentuan parameter termodinamika adsorpsi Au(III) oleh HA dalam sistem campuran Au(III) dan Ni(II) .....	99
IV.5.	Penentuan Parameter Kinetik Adsorpsi Au(III) oleh HA dan HAEter .....	103
IV.5.1	Penentuan parameter kinetik adsorpsi Au(III) oleh HA .....	103
IV.5.2	Penentuan parameter kinetik adsorpsi Au(III) oleh HAEter .....	107
IV.5.3	Penentuan parameter kinetik adsorpsi Au(III) oleh HA dalam sistem campuran Au(III) dan Cu(II) .....	110
IV.5.4	Penentuan parameter kinetik adsorpsi Au(III) oleh HA dalam sistem campuran Au(III) dan Ni(II) .....	114
IV.5.5	Karakterisasi FTIR dan XRD padatan HA dan HAEter setelah mengadsorpsi Au(III) pada berbagai temperatur .....	116
BAB V	KESIMPULAN .....	123
DAFTAR PUSTAKA	.....	127
LAMPIRAN	.....	135

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Berbagai reagen yang digunakan untuk ekstraksi zat humat dari tanah .....	9
Tabel II.2	Kandungan gugus fungsional asam humat (dalam mmol/kg) pada berbagai iklim .....	11
Tabel IV.1	Kadar abu hasil pemurnian HA .....	38
Tabel IV.2	Kandungan gugus fungsional HA, HAEter dan HAOks .....	38
Tabel IV.3	Serapan IR pada zat humat .....	40
Tabel IV.4	Absorbansi larutan pada berbagai pH larutan ( $\lambda_{max} = 313 \text{ nm}$ ) .....	45
Tabel IV.5	Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Au(III) oleh HA .....	86
Tabel IV.6	Hasil perhitungan parameter termodinamika adsorpsi Au(III) oleh HA .....	88
Tabel IV.7	Nilai parameter termodinamik untuk adsorpsi ion logam dan molekul zat warna sintetik pada beberapa adsorben. ....	90
Tabel IV.8	Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Au(III) oleh HAEter .....	92
Tabel IV.9	Hasil perhitungan parameter termodinamika adsorpsi Au(III) oleh HAEter .....	94
Tabel IV.10	Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II) .....	97
Tabel IV.11	Hasil perhitungan parameter termodinamika adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II) .....	98
Tabel IV.12	Hasil perhitungan isoterm adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II) .....	101
Tabel IV.13	Hasil perhitungan parameter termodinamika adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II) .....	102
Tabel IV.14	Hasil perhitungan model kinetika adsorpsi Au(III) oleh HA .....	105
Tabel IV.15	Energi aktivasi adsorpsi beberapa ion logam dan molekul zat warna .....	106
Tabel IV.16	Hasil perhitungan model kinetika adsorpsi Au(III) oleh HAEter .....	108
Tabel IV.17	Hasil perhitungan model kinetika adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II) .....	112
Tabel IV.18	Hasil perhitungan model kinetika adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II) .....	114

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur hipotetik HA .....	8
Gambar II.2	Spektrum IR HA .....	10
Gambar II.3	Model pengikatan logam pada HA .....	12
Gambar II.4	Skema reaksi eterifikasi HA .....	13
Gambar II.5	Spesiasi Au(III) pada variasi pH .....	15
Gambar II.6	Spesiasi Cu(II) dalam medium klorida .....	18
Gambar II.7	Spesiasi Ni (II) dalam larutan berbagai pH .....	19
Gambar IV.1	Spektra IR HA kotor, HA, HAETer dan HAOks .....	40
Gambar IV.2	Spektra UV-Vis larutan standar AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> pada pH 2 .....	43
Gambar IV.3	Spektra UV-Vis larutan AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> pada berbagai pH pada sistem adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> oleh HA .....	44
Gambar IV.4	Spektra UV-Vis larutan HA pada berbagai pH .....	45
Gambar IV.5	Spektra UV-Vis larutan HA + AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> pada berbagai pH .....	47
Gambar IV.6	Pengaruh pH terhadap adsorbansi ( $\lambda = 313 \text{ nm}$ ) untuk sistem adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> oleh HA .....	48
Gambar IV.7	Spektra UV-Vis larutan Au pada berbagai pH pada sistem adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> dengan HAETer .....	50
Gambar IV.8	Spektra UV-Vis larutan HAETer pada berbagai pH .....	51
Gambar IV.9	Spektra UV-Vis larutan AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> + HAETer pada berbagai pH .....	52
Gambar IV.10	Pengaruh pH terhadap adsorbansi ( $\lambda = 313 \text{ nm}$ ) untuk sistem adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> oleh HAETer .....	53
Gambar IV.11	Spektra UV-Vis larutan Au pada berbagai pH pada sistem adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> dengan HAOks .....	54
Gambar IV.12	Spektra UV-Vis larutan HAOks pada berbagai pH .....	54
Gambar IV.13	Spektra UV-Vis adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> dengan HAOks pada berbagai pH .....	55
Gambar IV.14	Pengaruh pH terhadap adsorbansi ( $\lambda = 313 \text{ nm}$ ) untuk sistem adsorpsi AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> oleh HAOks .....	56
Gambar IV.15	AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> <i>removed</i> pada berbagai pH .....	57
Gambar IV.16	Model perubahan struktur agregat supramolekul HA ketika mengalami eterifikasi dan oksidasi. ....	58
Gambar IV.17	Spektra IR adsorpsi HA, HAETer dan HAOks dengan AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> .....	60
Gambar IV.18	Difraktogram adsorpsi HA, HAETer dan HAOks dengan AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> .....	61
Gambar IV.19	Konsentrasi Au(III) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi Au(III) oleh HA .....	64
Gambar IV.20	Konsentrasi Au(III) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi Au(III) oleh HAETer .....	66
Gambar IV.21	Perbandingan Au(III) <i>removed</i> menggunakan HA dan HAETer. ....	67

Gambar IV.22	Konsentrasi Cu(II) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi campuran Au(III) dan Cu(II) oleh HA .....	68
Gambar IV.23	Konsentrasi Au(III) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi campuran Au(III) dan Cu(II) oleh HA .....	68
Gambar IV.24	Perbandingan Au dan Cu <i>removed</i> menggunakan HA dalam sistem campuran Au(III) dan Cu(II) .....	70
Gambar IV.25	Konsentrasi Ni(II) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi campuran Au(III) dan Ni(II) oleh HA .....	72
Gambar IV.26	Konsentrasi Au(III) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi campuran Au(III) dan Ni(II) oleh HA .....	72
Gambar IV.27	Perbandingan Au dan Ni <i>removed</i> pada campuran HA dengan Au(III) dan Ni(II) .....	73
Gambar IV.28	Konsentrasi Cu(II) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi campuran Au(III) dan Cu(II) oleh HA <sub>2</sub> Eter .....	74
Gambar IV.29	Konsentrasi Au(III) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi campuran Au(III) dan Cu(II) oleh HA <sub>2</sub> Eter .....	74
Gambar IV.30	Perbandingan Au dan Cu <i>removed</i> pada campuran HA <sub>2</sub> Eter dengan Au(III) dan Cu(II) .....	76
Gambar IV.31	Konsentrasi Ni(II) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi campuran Au(III) dan Ni(II) oleh HA <sub>2</sub> Eter .....	77
Gambar IV.32	Konsentrasi Au(III) pada berbagai pH untuk sistem adsorpsi campuran Au(III) dan Ni(II) oleh HA <sub>2</sub> Eter .....	77
Gambar IV.33	Perbandingan Au dan Ni <i>removed</i> pada campuran HA <sub>2</sub> Eter dengan Au(III) dan Ni(II) .....	79
Gambar IV.34	Perbandingan Au(III) <i>removed</i> .....	80
Gambar IV.35	Perbandingan Cu(II) dan Ni(II) <i>removed</i> .....	80
Gambar IV.36	Spektra IR adsorpsi Au(III) oleh HA dan HA <sub>2</sub> Eter .....	82
Gambar IV.37	Difraktogram HA dan HA <sub>2</sub> Eter setelah mengadsorpsi Au(III) pada sistem larutan Au(III) tunggal maupun dalam larutan campuran Au(III) dengan Cu(II) atau Ni(II). .....	83
Gambar IV.38	Isoterm adsorpsi Au(III) oleh HA .....	85
Gambar IV.39	Grafik model isoterm Langmuir (a) dan Freundlich (b) adsorpsi Au(III) oleh HA pada temperatur 303 K .....	86
Gambar IV.40	Hubungan 1/T terhadap ln K untuk adsorpsi Au(III) oleh HA .....	88
Gambar IV.41	Isoterm adsorpsi Au(III) oleh HA <sub>2</sub> Eter .....	91
Gambar IV.42	Grafik model isoterm Langmuir (a) dan Freundlich (b) adsorpsi Au(III) oleh HA <sub>2</sub> Eter pada temperatur 303 K .....	92
Gambar IV.43	Hubungan 1/T terhadap ln K untuk adsorpsi Au(III) oleh HA <sub>2</sub> Eter .....	94
Gambar IV.44	Isoterm adsorpsi Au(III) oleh HA dalam sistem campuran Au(III) dan Cu(II) .....	95
Gambar IV.45	Grafik model isoterm Langmuir (a) dan Freundlich (b) adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II) pada temperatur 303 K .....	96

Gambar IV.46	Hubungan $1/T$ terhadap $\ln K$ untuk adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II) .....	98
Gambar IV.47	Isoterm adsorpsi Au(III) oleh HA dalam sistem campuran Au(III) dan Ni(II) .....	99
Gambar IV.48	Grafik model isoterm Langmuir (a) dan Freundlich (b) adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II) pada temperatur 303 K .....	100
Gambar IV.49	Hubungan $1/T$ terhadap $\ln K$ untuk adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II) .....	102
Gambar IV.50	Pengaruh waktu kontak ( $t$ ) terhadap kapasitas adsorpsi ( $q$ ) adsorpsi Au(III) oleh HA. ....	103
Gambar IV.51	Hubungan $1/T$ terhadap $\ln K$ adsorpsi Au(III) oleh HA .....	106
Gambar IV.52	Pengaruh waktu kontak ( $t$ ) terhadap kapasitas adsorpsi ( $q$ ) adsorpsi Au(III) oleh HA Eter. ....	107
Gambar IV.53	Hubungan $1/T$ terhadap $\ln K$ adsorpsi Au(III) oleh HA Eter ..	110
Gambar IV.54	Pengaruh waktu kontak ( $t$ ) terhadap kapasitas adsorpsi ( $q$ ) adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II). ....	111
Gambar IV.55	Hubungan $1/T$ terhadap $\ln K$ adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II) .....	113
Gambar IV.56	Pengaruh waktu kontak ( $t$ ) terhadap kapasitas adsorpsi ( $q$ ) adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II). ....	115
Gambar IV.57	Hubungan $1/T$ terhadap $\ln K$ adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II) .....	116
Gambar IV.58	Spektra IR adsorpsi Au(III) oleh HA pada berbagai temperatur .....	117
Gambar IV.59	Spektra IR adsorpsi Au(III) oleh HA Eter pada berbagai temperatur .....	117
Gambar IV.60	Spektra IR adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II) pada berbagai temperatur .....	120
Gambar IV.61	Spektra IR adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II) pada berbagai temperatur .....	120
Gambar IV.62	Difraktogram adsorpsi Au(III) oleh HA pada berbagai temperatur .....	120
Gambar IV.63	Difraktogram adsorpsi Au(III) oleh HA Eter pada berbagai temperatur .....	120
Gambar IV.64	Difraktogram adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Cu(II) pada berbagai temperatur .....	120
Gambar IV.65	Difraktogram adsorpsi Au(III) oleh HA dalam campuran Au(III) dan Ni(II) pada berbagai temperatur .....	121