

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR PUBLIKASI .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian .....	5
I.2.1 Tujuan umum .....	5
I.2.2 Tujuan khusus .....	5
I.3 Manfaat Penelitian .....	6
I.4 Keaslian Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS.....</b>	<b>8</b>
II.1 Tinjauan Pustaka .....	8
II.1.1 Pasir besi .....	8
II.1.2 Partikel magnetik pasir besi .....	9
II.1.3 Pelapisan partikel magnetik dengan silika .....	11
II.1.4 Modifikasi permukaan silika .....	14
II.1.5 Kolagen dan gelatin .....	18
II.1.6 Adsorpsi dan desorpsi Au(III) .....	23
II.1.7 Kinetika adsorpsi .....	27
II.1.8 Isoterm adsorpsi .....	29
II.1.9 Termodinamika adsorpsi.....	30
II.2 Perumusan Hipotesis .....	31
II.3 Rancangan Penelitian .....	36
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
III.1 Bahan dan alat penelitian .....	39
III.1.1 Bahan penelitian .....	39
III.1.2 Alat penelitian .....	39
III.2 Prosedur Penelitian .....	40
III.2.1 Preparasi partikel magnetik pasir besi .....	40
III.2.2 Sintesis adsorben berbasis kolagen dan gelatin.....	40
III.2.3 Uji stabilitas adsorben .....	42
III.2.4 Pengukuran pH <sub>PZC</sub> .....	42
III.2.5 Pengujian pengaruh pH dan GPTMS .....	42
III.2.6 Isoterm adsorpsi.....	43
III.2.7 Kinetika adsorpsi .....	43

III.2.8 Kajian termodinamika .....	43
III.2.9 Selektivitas, desorpsi, dan penggunaan ulang .....	44
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN BAGIAN I:</b>	
<b>(PARTIKEL MAGNETIK SILIKA TERMODIFIKASI</b>	
<b>KOLAGEN, PM@SiO<sub>2</sub>-G<sub>(x)</sub>-Kol) .....</b>	<b>45</b>
IV.1 Karakteristik PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(x)</sub> -Kol .....	45
IV.1.1 Komposisi partikel magnetik .....	45
IV.1.2 Berat adsorben hasil sintesis .....	46
IV.1.3 Keberadaan gugus fungsional .....	47
IV.1.4 Kristalinitas .....	49
IV.1.5 Stabilitas termal dan keasaman .....	51
IV.1.6 Morfologi permukaan dan komposisi unsur.....	55
IV.1.7 Sifat kemagnetan adsorben berbasis kolagen.....	56
IV.1.8 Pengukuran pH <sub>PZC</sub> .....	58
IV.1.9 Reaksi hipotesis sintesis PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(x)</sub> -Kol .....	60
IV.2 Kajian adsorpsi dan desorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol ..	61
IV.2.1 Pengaruh pH.....	61
IV.2.2 Pengaruh kolagen dan GPTMS .....	64
IV.2.3 Kinetika adsorpsi.....	65
IV.2.4 Isoterm adsorpsi .....	67
IV.2.5 Termodinamika adsorpsi.....	69
IV.2.6 Penggunaan ulang ( <i>reusability</i> ) dan selektivitas.....	71
IV.2.7 Stabilitas PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol saat adsorpsi dan desorpsi.73	
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN BAGIAN II:</b>	
<b>(PARTIKEL MAGNETIK SILIKA TERMODIFIKASI GELATIN,</b>	
<b>PM@SiO<sub>2</sub>-G<sub>(x)</sub>-Kol).....</b>	<b>76</b>
V.1 Karakteristik PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(x)</sub> -Gel .....	76
V.1.1 Berat adsorben hasil sintesis.....	76
V.1.2 Keberadaan gugus fungsional.....	77
V.1.3 Kristalinitas.....	79
V.1.4 Stabilitas termal dan keasaman.....	80
V.1.5 Morfologi permukaan, komposisi unsur, dan sifat	
kemagnetan .....	82
V.1.6 Pengukuran pH <sub>PZC</sub> .....	84
V.1.7 Reaksi hipotesis sintesis PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(x)</sub> -Gel.....	86
V.2 Adsorpsi–desorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel .....	87
V.2.1 Pengaruh pH .....	87
V.2.2 Pengaruh GPTMS dan konsentrasi gelatin.....	89
V.2.3 Kinetika adsorpsi .....	91
V.2.4 Isoterm adsorpsi.....	92
V.2.5 Termodinamika adsorpsi .....	94
V.2.6 Penggunaan ulang ( <i>reusability</i> ) dan selektivitas .....	96
V.2.7 Perbandingan kapasitas adsorpsi .....	99
<b>BAB VI KESIMPULAN .....</b>	<b>102</b>
VI.1 Kesimpulan .....	102
VI.2 Saran .....	103



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Modifikasi Partikel Magnetik Pasir Besi Terlapis Silika Dengan Kolagen Dan Gelatin Melalui Penghubung 3-Glisidoksi propil trimetoksisilan Untuk Adsorpsi Emas(III)**

Abraham Laurens Rettob, Prof. Dr.rer. nat. Nuryono, M.S. ; Prof. Dr. Suyanta, M.Si.

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>104</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>120</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>118</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Kurva M–H yang menunjukkan ilustrasi interaksi momen magnet (M) dengan medan magnet luar H dari bahan (A) Diamagnetik, (B) Paramagnetik, (C) Feromagnetik, dan (D) Superparamagnetik (Saini dkk., 1988). .....	11
Gambar II. 2	Model pembentukan ikatan; (a) Si-O-Si, dan (b) Fe-O-Si (Nuryono, dkk., 2014). .....	13
Gambar II.3	Kurva distribusi anion silikat sebagai fungsi pH pada konsentrasi larutan natrium silikat (a) 1 mmol L <sup>-1</sup> dan (b) 1 mmol L <sup>-1</sup> (Yang dkk., 2008). .....	14
Gambar II.4	Model pelapisan 3-merkaptopropiltrimetoksisilan pada permukaan magnetit terlapis silika (Nuryono, dkk., 2014). .....	16
Gambar II.5	(a) Ilustrasi proses pembentukan lapisan silika pada partikel magnetik pasir besi dan pengikatan silika dengan kitosan melalui CPTMS (Nuryono dkk., 2020), (b). Skema reaksi pengikatan GPTMS dan kitosan (Chao, 2008). .....	17
Gambar II.6	Struktur kolagen (Shi dkk., 2025) .....	19
Gambar II.7	Kurva kelarutan kolagen pada berbagai nilai pH (Vate dkk., 2023). .....	20
Gambar II. 8	Struktur gelatin (Talha dkk., 2024). .....	21
Gambar II.9	Skema ilustrasi mekanisme interaksi GPTMS dan kolagen yang paling mungkin untuk menghasilkan hibrida silika-kolagen (Chen dkk., 2012). .....	22
Gambar II.10	Skema (a) ikatan kovalen yang terbentuk antara ICPTES atau GPTMS dengan gugus amina primer arginin dari gelatin (Soares dkk., 2022), (b) mekanisme crosslinking gelatin dengan GPTMS (Nouri-Felekori dkk., 2019). .....	23
Gambar II.11	Distribusi spesi Au(III) dengan [Au(III)] = 5 x 10 <sup>-4</sup> M dan [Cl <sup>-</sup> ] = 0,05 M pada T = 298 K (Wojnicki dkk., 2012). .....	24
Gambar II.12	Mekanisme adsorpsi [AuCl <sub>4</sub> ] <sup>-</sup> pada (a) permukaan NH <sub>2</sub> -MCM-41 melalui interaksi elektrostatis dan pembentukan kompleks dalam suasana pH asam (Lam dkk., 2008), (b) MIL-101(Cr)-NH <sub>2</sub> (Chang dkk., 2023). .....	26
Gambar II.13	Tahapan transfer massa pada proses adsorpsi (Wang dan Guo, 2020). .....	28
Gambar II 14	Lapisan logam penyusun pada PCB (Huang dkk., 2025). .....	34
Gambar II.15	Distribusi spesies (a) Cu(II) dan (b) Ni(II) sebagai fungsi pH (Panday dkk., 1985; Lihi dkk., 2023). .....	34
Gambar IV.1	Spektra FTIR a. Kolagen, b. GPTMS, c. PM, d. PM@SiO <sub>2</sub> , e. PM@SiO <sub>2</sub> -Kol, f. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol, g. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1.0)</sub> -Kol, dan h. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(2.0)</sub> -Kol. ....	48
Gambar IV.2	Difraktogram a. PM, b. PM@SiO <sub>2</sub> -Kol, dan c. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol. ....	50
Gambar IV.3	Hasil pengolahan data XRD dari PM dengan bantuan software <i>Material Analysis Using Diffraction</i> (MAUD). .....	51

Gambar IV.4	Kurva (A) TGA dan (B) DTA dari a. PM@SiO <sub>2</sub> , b. PM@SiO <sub>2</sub> -Kol, dan c. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol.....	52
Gambar IV.5	(a) Ion besi (Fe) terlarut dan (b) Absorbansi kolagen pada rentang pH 1–6 yang diukur dengan AAS dan UV-Vis dari adsorben (*biru) PM@SiO <sub>2</sub> , (□/hitam) PM@SiO <sub>2</sub> -Kol, (◇/merah) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol, (○/biru) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1.0)</sub> -Kol, dan (Δ/hijau) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(2.0)</sub> -Kol. ....	54
Gambar IV.6	SEM images (perbesaran 1000x, ukuran partikel 10 μm) dari a. PM@SiO <sub>2</sub> , b. PM@SiO <sub>2</sub> -Kol, dan c. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol. d. Pemetaan (mapping) dan overlay unsur Fe, Si, dan N pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol. ....	56
Gambar IV.7	(A) Kurva histerisis VSM (kiri) dari a. PM, b. PM@SiO <sub>2</sub> , c. PM@SiO <sub>2</sub> -Kol, dan d. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol. (B) Pemisahan adsorben PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol dari larutan setelah adsorpsi dengan magnet eksternal. ....	57
Gambar IV.8	Kurva pengukuran pHPZC antara pH akhir (Δ) PM@SiO <sub>2</sub> -Kol dan (○) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol terhadap (□) pH awal larutan tanpa adsorben. ....	59
Gambar IV.9	Reaksi hipotetis sintesis adsorben PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(x)</sub> -Kol.....	60
Gambar IV.10	Pengaruh pH larutan terhadap Au(III) yang teradsorpsi pada adsorben (Δ/biru) PM@SiO <sub>2</sub> -Kol dan (○/merah) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol (berat adsorben = 20 mg, [Au(III)] = 50 mg L <sup>-1</sup> , t = 120 menit, dan T= ruang). ....	62
Gambar IV.11	Interaksi elektrostatis dan pembentukan kompleks antara Au(III) dengan permukaan PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol.....	63
Gambar IV.12	Jumlah Au(III) yang teradsorpsi pada adsorben magnetik.....	64
Gambar IV.13	(a). Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol, kurva model kinetika (b) orde ke-1 semu, dan (c) orde ke-2 semu.....	66
Gambar IV.14	Kurva (a) pengaruh konsentrasi awal terhadap adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol, (b) model isoterm Langmuir, dan (c) model isoterm Freundlich. ....	68
Gambar IV.15	Kurva (a) Pengaruh suhu terhadap adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol, dan (b) van't Hoff antara 1/T vs Ln Kc.....	70
Gambar IV.16	(a) Adsorpsi, (b) Koefisien selektivitas, dan (c) desorpsi (*) Au(III) monologam dan campuran (**) Au(III)/Cu(II)/Ni(II) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol.....	71
Gambar IV.17	(A) Spektra FTIR dan (B) Difraktogram XRD dari PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol (a) sebelum adsorpsi, (b) setelah adsorpsi, dan (c) setelah desorpsi.....	74
Gambar V.1	(A) Spektra FTIR dari a. PM@SiO <sub>2</sub> , b. PM@SiO <sub>2</sub> -Gel 3%, c. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel 1%, d. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel 3%, e. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel 5%, dan f. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1.0)</sub> -Gel 3% (B) Difraktogram XRD dari a. PM, b. PM@SiO <sub>2</sub> -Gel, dan c. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel.....	78

Gambar V.2	(A) Kurva TGA dari a. PM@SiO <sub>2</sub> , b. PM@SiO <sub>2</sub> -Gel, dan c. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel, (B) Ion besi (Fe) terlarut pada rentang pH 1–6 dari adsorben (*biru) PM@SiO <sub>2</sub> , (□/hitam) PM@SiO <sub>2</sub> -Gel, (◇/merah) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel, dan (C) Absorbansi gelatin pada rentang pH 1–6 dari adsorben (□/hitam) PM@SiO <sub>2</sub> -Gel, (○/biru) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel, dan (◇/merah) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1.0)</sub> -Gel. ....	81
Gambar V.3	Citra FESEM (perbesaran 30000x, ukuran partikel 500 μm) dari (A) PM@SiO <sub>2</sub> -Gel dan (B) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel, (C) Kurva histerisis VSM dari a. PM, b. PM@SiO <sub>2</sub> , c. PM@SiO <sub>2</sub> -Gel, dan d. PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel, (D) Pemisahan adsorben dari larutan setelah adsorpsi dengan magnet eksternal. ....	83
Gambar V.4	Kurva pengukuran pHPZC antara pH akhir (Δ) PM@SiO <sub>2</sub> -Gel dan (○) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel terhadap (□) pH awal larutan tanpa adsorben. ....	85
Gambar V.5	Reaksi hipotetis sintesis adsorben PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(x)</sub> -Gel. ....	86
Gambar V.6	Pengaruh pH larutan terhadap Au(III) yang teradsorpsi pada adsorben (□/hitam) PM@SiO <sub>2</sub> -Gel dan (○/biru) PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel. ....	88
Gambar V.7	Pengaruh (a) volume GPTMS dan (b) konsentrasi gelatin terhadap adsorpsi Au(III) pada adsorben. ....	89
Gambar V.8	(a)Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel, kurva model kinetika (b) orde ke-1 semu dan (c) orde ke-2 semu. ....	91
Gambar V.9	(a) Pengaruh suhu dan (b) Kurva linear van't Hoff antara 1/T vs Ln Kc untuk terhadap adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel. ....	95
Gambar V.10	(a) Adsorpsi, (b) Koefisien selektivitas, dan (c) desorpsi (*) Au(III) monologam dan campuran (**) Au(III)/Cu(II)/Ni(II) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel. ....	96

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Komposisi mineral pasir besi .....	9
Tabel III.1	Variasi volume GPTMS .....	41
Tabel III.2	Variasi volume GPTMS dan konsentrasi gelatin .....	42
Tabel IV.1	Komposisi oksida partikel magnetik Pantai Glagah .....	46
Tabel IV.2	Berat adsorben hasil sintesis .....	47
Tabel IV.3	Parameter analisis data XRD terhadap adsorben berbasis kolagen .....	51
Tabel IV.4	Analisis EDX terhadap komposisi adsorben berbasis kolagen. ....	56
Tabel IV.5	Parameter magnetik dari adsorben berbasis kolagen .....	58
Tabel IV.6	Parameter kinetika adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol.....	67
Tabel IV.7	Parameter isoterm Langmuir dan Freundlich untuk adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol.....	69
Tabel IV.8	Parameter termodinamika untuk adsorpsi Au(III) pada pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol .....	70
Tabel V.1	Berat adsorben hasil sintesis .....	76
Tabel V.2	Parameter analisis data XRD terhadap adsorben berbasis gelatin ....	80
Tabel V.3	Analisis EDX terhadap komposisi adsorben berbasis gelatin.....	84
Tabel V.4	Parameter magnetik dari adsorben berbasis gelatin .....	84
Tabel V.5	Parameter kinetika adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel.....	92
Tabel V.6	Parameter isoterm Langmuir dan Freundlich untuk adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel .....	94
Tabel V.7	Parameter termodinamika untuk adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel .....	95
Tabel V.8	Kapasitas adsorpsi dan waktu kontak untuk adsorpsi Au(III) pada berbagai adsorben berdasarkan isoterm Langmuir.....	99
Tabel V.9	Perbandingan berat adsorben dan % kehilangan massa bahan penyusun PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol dan PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel dari uji TGA pada rentang temperatur 30 – 700 °C.....	100

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Persentase partikel magnetik dalam 100 g pasir besi Pantai Glagah dan adsorben magnetik dengan konsentrasi kolagen 2 dan 3 % (m/v) .....	120
Lampiran 2	Komposisi unsur pasir besi Pantai Glagah berdasarkan Analisa XRF .....	121
Lampiran 3.	Perhitungan ukuran kristal berdasarkan puncak [3 1 1] .....	123
Lampiran 4.	Pengukuran pH <sub>PZC</sub> .....	124
Lampiran 5.	Uji stabilitas (kelarutan Fe) dari adsorben.....	125
Lampiran 6.	Pengaruh variasi pH terhadap adsorpsi Au(III) PM@SiO <sub>2</sub> -Kol dan PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol .....	126
Lampiran 7.	Adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> , PM@SiO <sub>2</sub> -Kol, PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol, PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1.0)</sub> -Kol, dan PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(2.0)</sub> -Kol.....	127
Lampiran 8.	Isoterm adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol .....	128
Lampiran 9.	Kinetika adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol.....	131
Lampiran 10.	Termodinamika adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol ....	137
Lampiran 11.	Adsorpsi-desorpsi (penggunaan ulang) dan selektivitas PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Kol terhadap Au(III).....	139
Lampiran 12.	Pengaruh variasi pH terhadap adsorpsi Au(III) PM@SiO <sub>2</sub> -Kol dan PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel.....	140
Lampiran 13.	Adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> , PM@SiO <sub>2</sub> -Gel 3%, PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel 1%, PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel 3%, dan PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel 5%.....	141
Lampiran 14.	Isoterm adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel.....	142
Lampiran 15.	Kinetika adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel .....	145
Lampiran 16.	Termodinamika adsorpsi Au(III) pada PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel ....	151
Lampiran 17.	Adsorpsi-desorpsi (penggunaan ulang) dan selektivitas PM@SiO <sub>2</sub> -G <sub>(1/2)</sub> -Gel terhadap Au(III).....	153