

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>x</b>
<b>INTISARI</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian	3
I.3 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS</b>	<b>4</b>
II.1 Tinjauan Pustaka	4
II.1.1 <i>Metal Organic Frameworks</i> (MOFs)	4
II.1.2 Universitas i Oslo-66 (UiO-66)	5
II.1.3 Ag@UiO-66 dan kemampuannya sebagai material katalis	8
II.1.4 Reaksi fiksasi CO <sub>2</sub>	10
II.1.5 Optimasi struktur dan energi ikat menggunakan <i>Density Functional Theory</i> (DFT)	11
II.2 Perumusan Hipotesis dan Rancangan Penelitian	12
II.2.1 Perumusan hipotesis 1	12
II.2.2 Perumusan hipotesis 2	12
II.2.3 Perumusan hipotesis 3	13
II.3. Rancangan Penelitian	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>15</b>
III.1 Bahan Penelitian	15
III.2 Alat Penelitian	15
III.3 Prosedur Penelitian	16
III.3.1 Sintesis UiO-66 metode solvotermal	16
III.3.2 Sintesis Ag@UiO-66	16
III.3.3 Studi sifat katalitik UiO-66 untuk reaksi fiksasi CO <sub>2</sub>	17
III.3.4 Pemodelan struktur UiO-66 dengan DFT	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>20</b>
IV.1 Sintesis UiO-66, UiO-66(D), dan Variasi Imobilisasi AgNPs	20
IV.2 Kajian Struktur UiO-66, UiO-66(D), dan Variasi Imobilisasi AgNPs	20
IV.2.1 Karakterisasi material dengan XRD	20
IV.2.2 Karakterisasi material dengan FTIR	22
IV.2.3 Karakterisasi material dengan isoterm adsorpsi-desorption N <sub>2</sub>	24



IV.2.4	Karakterisasi material dengan FE-SEM dan TEM	25
IV.2.5	Karakterisasi material dengan TGA/DSC	28
IV.2.6	Karakterisasi material dengan SR-UV	32
IV.2.7	Pengaruh imobilisasi AgNPs terhadap struktur UiO-66 dan UiO-66(D)	34
IV.2.8	Aplikasi Ag@UiO-66(D) sebagai katalis untuk reaksi fiksasi CO <sub>2</sub>	39
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>43</b>
V.1	Kesimpulan	43
V.2	Saran	43
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>44</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur UiO-66, UiO-67 dan UiO-68	5
Gambar II.2	Struktur kristal UiO-66: (a) Unit zirkonium oksida oktahedral enam-pusat. (b) Unit struktur FCC UiO-66 (atom biru: Zr, atom merah: O, atom putih: C, dan atom H dihilangkan demi kejelasan)	5
Gambar II.3	Posisi gugus $\mu_3\text{-O}$ dan $\mu_3\text{-OH}$ pada klaster $\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4$	6
Gambar II.4	Pola XRD sampel UiO-66 murni dan sampel HI-UiO-66. Inset menunjukkan tumpang tindih pola XRD dari 3 hingga 7°	7
Gambar II.5	Spektra FTIR UiO-66	8
Gambar II.6	Karakterisasi SEM UiO-66 (Cavka <i>et al.</i> , 2008)	8
Gambar II.7	Ilustrasi perbedaan struktural dan komposisi antara sel unit UiO-66 ideal dan yang memiliki cacat klaster atau ligan yang hilang	9
Gambar II. 8	Mekanisme yang diusulkan untuk penyisipan karbon dioksida ke dalam epoksida yang dikatalisis asam (A) dengan adanya tetraalkilamonium halida (bromida)	10
Gambar IV.1	Material UiO-66, UiO-66(D), Ag@UiO-66, Ag@UiO-66(D)	20
Gambar IV.2	Difraktogram UiO-66, UiO-66(D), Ag@UiO-66, Ag@UiO-66(D)	21
Gambar IV. 3	Mekanisme pembentukan cacat ligan pada UiO-66 menggunakan modulator asam format	22
Gambar IV.4	Spektra FTIR UiO-66, UiO-66(D), Ag@UiO-66, Ag@UiO-66(D)	23
Gambar IV.5	Isoterm UiO-66, UiO-66(D), Ag@UiO-66, Ag@UiO-66(D)	25
Gambar IV.6	Mikrograph FE-SEM dan TEM a) UiO-66, b) UiO-66(D), c)Ag@UiO-66, d) Ag@UiO-66(D)	27
Gambar IV.7	Pemetaan unsur menggunakan SEM-EDX a) Ag@UiO-66 b) Ag@UiO-66(D)	28
Gambar IV.8	Kurva garis jingga pada sumbu kiri adalah grafik TGA yang telah dinormalisasi, sehingga berat akhir residu ZrO <sub>2</sub> menjadi 100%	30
Gambar IV.9	Kurva garis biru pada sumbu kiri adalah grafik TGA UiO-66(D) yang telah dinormalisasi, sehingga berat akhir residu ZrO <sub>2</sub> menjadi 100%	31
Gambar IV.10	Perbandingan kurva TGA/DSC UiO-66 sebelum dan setelah diimobilisasi oleh AgNPs dengan berat akhir residu ZrO <sub>2</sub> tidak dinormalisasi menjadi 100%	31
Gambar IV.11	Spektra SR-UV dan metode Tauc menggunakan fungsi Kubelka-Munck	34
Gambar IV.12	Grafik unit sel vektor a, b, dan c dari UiO-66, UiO-66(D) dan UiO-66(D) setelah diimobilisasi oleh klaster AgNPs	36
Gambar IV.13	Diagram energi ikat variasi imobilisasi Ag pada UiO-66(D)	37

Gambar IV.14 Keberadaan Ag pada struktur UiO-66(D) yang dioptimasi menggunakan DFT	38
Gambar IV.15 Spektrum <sup>1</sup> H-NMR untuk konversi sikloadisi epiklorohidrin dengan variasi sampel katalis	39
Gambar IV.16 Diagram batang a) hasil konversi dengan katalis Ag@UiO-66 dan Ag@UiO-66(D), b) optimasi massa, c) optimasi waktu, dan d) Spektrum <sup>1</sup> H-NMR untuk konversi sikloadisi epiklorohidrin dengan variasi waktu	40
Gambar IV.17 Usulan mekanisme reaksi sikloadisi antara gas CO <sub>2</sub> dan epiklorohidrin yang dikatalisis oleh Ag@UiO-66 serta ko-katalis	42

## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Data XRD untuk identifikasi fasa kristal	22
Tabel IV.2 Data FTIR untuk identifikasi gugus fungsi	24
Tabel IV.3 Data ukuran pori dan luas permukaan sampel	25
Tabel IV.4 Persentase atom unsur berdasarkan SEM-EDX	28
Tabel IV.5 Parameter struktur UiO-66 dan UiO-66(D) dari perhitungan DFT	35



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Difraktogram	49
Lampiran 2 TGA-DSC	49
Lampiran 3 Isoterm adsorpsi-desorpsi N <sub>2</sub>	50
Lampiran 4 FESEM-EDX	51
Lampiran 5 SR-UV	53