

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Sistematika Penelitian	8
BAB II	10
TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Nanopartikel CoO	10
2.2 Nanopartikel ZnO	14
2.3 Material Nanopartikel CoO/ZnO	17
BAB III	22
LANDASAN TEORI	22
3.1 Nanopartikel CoO	22
3.2 Nanopartikel ZnO	24
3.3 Heterojungsi	30
3.4 Kemagnetan Material	32

3.5 Zat Pewarna Metilen Biru (MB).....	39
3.6 Proses Aktivitas Fotokatalitik.....	42
3.7 Karakterisasi Nanomaterial	50
3.7.1 Diffraksi Sinar-X (XRD)	50
3.7.2 <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM).....	52
3.7.3 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX)	54
3.7.4 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	56
3.7.5 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	58
3.7.6 Spektrofotometri UV-Visible (UV-Vis)	60
BAB IV	63
METODE PENELITIAN	63
4.1 Alat Penelitian	63
4.2 Bahan Penelitian	64
4.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	64
4.4 Skema Penelitian.....	65
4.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	68
4.5.1 Sintesis Nanopartikel CoO	68
4.5.2 Sintesis Nanopartikel CoO/ZnO	68
4.5.3 Karakterisasi <i>Diffractometer</i> Sinar-X (XRD).....	69
4.5.4 Karakterisasi <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM).....	70
4.5.5 Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX)	71
4.5.6 Karakterisasi <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	71
4.5.7 Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	71
4.5.8 Karakterisasi Spektrofotometer <i>Ultraviolet and Visible Light</i> (UV-VIS).....	73
4.5.9 Uji Aktivitas Fotokatalis.....	73
BAB V	78
HASIL DAN PEMBAHASAN	78
5.1 Pengaruh Konsentrasi ZnO pada Nanopartikel CoO/ZnO Terhadap Karakteristik Material.....	78
5.1.1 Analisis Struktur Kristal	78



5.1.2 Analisis Morfologi dalam Partikel dan Ukuran Partikel	84
5.1.3 Analisis Morfologi Permukaan dan Proporsi Unsur.....	87
5.1.4 Analisis Gugus Fungsi dan Sifat Molekul	89
5.1.5 Analisis Sifat Kemagnetan	91
5.1.6 Analisis Sifat Optik dan Energi Celah Pita.....	94
5.2 Analisis Aktivitas Fotokatalitik Nanopartikel CoO dan CoO/ZnO	98
5.2.1 Uji Efisiensi Degradasi	99
5.2.2 Uji Keberulangan Aktivitas Fotokatalitik (<i>Reusability</i>).....	106
BAB VI	110
KESIMPULAN DAN SARAN	110
6.1 Kesimpulan	110
6.2. Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 (a) Struktur magnetik CoO invarian (b) Distorsi invarian CoO. Tanda panah menunjukkan pergeseran atom Co menstabilkan struktur antiferromagnetic (Kruger, 2021).	22
Gambar 3.2 Pemisahan bidang kristal CoO. Semua keadaan kuartet dari multiplet medan kristal dalam simetri-OH diberikan; beberapa keadaan ganda dari energi yang lebih tinggi (Kruger, 2021).	23
Gambar 3.3 Konfigurasi dan spin-spin CoO dengan Co^{2+} , dan O^{2-}	24
Gambar 3.4 Citra morfologi TEM dan SEM dari nanopartikel ZnO (Vaseem, Umar, dan Hahn 2010).	26
Gambar 3.5 Citra morfologi TEM dan pertumbuhan (a) nanowire/nanorods dan (b) nanobelt (Wang et al., 2004).	26
Gambar 3.6 Citra morfologi TEM dan ilustrasi polarisasi dari ZnO (a) nanoring, (b) nanospiral, dan (c) nanohelix (Wang et al., 2004).	27
Gambar 3.7 Citra morfologi TEM dan pertumbuhan (a) nanocomb/nanosaw pada bidang-bidang ZnO (Wang 2004).	28
Gambar 3.8 Struktur wurtzit dengan koordinasi tetrahedral dari ZnO yang membentuk unit sel hexagonal (Vaseem, Umar, dan Hahn 2010; Wang 2004).	29
Gambar 3.9 Ilustrasi struktur optik nanopartikel CoO/ZnO (Saeed et al., 2021).	30
Gambar 3.10 Ilustrasi struktur pita energi heterojungsi dari nanopartikel core-shell (a) $\text{CoFe}_2\text{O}_4@\text{ZnO}$ (Borgohain et al. 2012) dan (b) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3@\text{ZnO}$ (Zhang et al. 2017).	31
Gambar 3.11 Ilustrasi struktur pita energi p-n junction dari nanopartikel CuO/ZnO (Diao et al., 2018).	32
Gambar 3. 12 (a) Domain dan (b) dinding domain momen magnet (Callister, 2006).	36
Gambar 3.13 Kurva histeresis (Nasirpour dan Nogaret 2010).	38
Gambar 3.14 (a) Struktur molekul (Yu dan Chuang 2008) dan (b) Spektum serapan cahaya dari MB (Mondal et al. 2017).	40
Gambar 3.15 (a) Diagram skematik degradasi MB oleh Au/HAp (Mondal, 2017) dan (b) Demetilasi molekul MB oleh MnO_2 (Zhou et al. 2019).	42

Gambar 3.16 Diagram skematik foto-feton dan fotokatalitik (Srinivas dan Devi, 2018).....	44
Gambar 3.17 Mekanisme fotokatalitik dari CoFe ₂ O ₄ /ZnO/Ag (Ferdosi et al. 2019)....	46
Gambar 3.18 Grafik dari linear fitting model first-order kinetic dan second-order kinetic (Taufik et al. 2018).	48
Gambar 3.19 (a) Skema dasar spectrometer sinar-X dan (b) ilustrasi difraksi pada bidang kristal (Cullity dan Stock 2001).	51
Gambar 3.20 (a) Alat instrument dan skema dasar TEM (Fultz dan Howe 2013) dan (b) Ilustrasi difraksi elektron (Williams dan Carter 2009).....	53
Gambar 3.21 (a) Diagram skema VSM dan (b) VSM dengan motor linier (Cullity, 2008).	57
Gambar 3.22 Skema rangkaian alat spektrofotometer FTIR (Pavia et al., 2009).....	60
Gambar 3.23 Diagram skema spektrofotometer UV-Vis sinar tunggal (McMahon 2007).	61
Gambar 4.1 Diagram alir Penelitian secara umum.	65
Gambar 4.2 Fotoreaktor yang digunakan untuk proses fotokatalitik.....	76
Gambar 5.1 Pola XRD pada nanopartikel CoO/ZnO 1:1 yang diolah menggunakan metode Rietveld Refinement.	78
Gambar 5.2 Pola XRD dari nanopartikel (a) CoO dan CoO/ZnO dengan variasi konsentrasi ZnO: (b)1:1, (c)1:3, dan (d) 1:5.	79
Gambar 5.3 Pola difraksi pada bidang (101) dan (220).....	81
Gambar 5.4 Citra morfologi dari nanopartikel CoO/ZnO (1:3).....	85
Gambar 5.5 Distribusi ukuran partikel dari nanopartikel CoO/ZnO (1:3).	85
Gambar 5.6 Pola cincin difraksi nanopartikel CoO/ZnO (1:3).....	86
Gambar 5.7 Spektrum EDX dan bagan persentase berat (gambar sisipan) dari nanopartikel CoO/ZnO variasi molar 1:3.	88
Gambar 5.8 Analisis sebaran unsur pembentuk nanopartikel CoO/ZnO variasi molar 1:3.	88
Gambar 5.9 Spektrum FTIR dari nanopartikel (a) CoO, (b) ZnO, dan (c) CoO/ZnO (1:1).	89

Gambar 5.10. Kurva histerisis dari CoO, nanopartikel CoO/ZnO (1:1), dan CoO/ZnO (1:3).....	92
Gambar 5.11 Spektrum UV-Vis untuk CoO, ZnO, dan Nanopartikel CoO/ZnO dengan berbagai variasi konsentrasi.....	95
Gambar 5.12 Grafik ekstrapolasi linier Tauch Plot dari fungsi Kubelka-Munk pada nanopartikel CoO/ZnO (1:1).....	96
Gambar 5.13 Spektrum absorbansi MB terhadap variasi waktu iradiasi menggunakan nanopartikel CoO/ZnO (1:2).	100
Gambar 5.14 Persentase Efisiensi Degradasi MB menggunakan nanopartikel CoO dan nanopartikel CoO/ZnO (1:1), (1:2), (1:3), (1:4), dan (1:5).	100
Gambar 5.15 Grafik degradasi MB menggunakan model kinetik Langmuir-Hinshelwood orde nol pada nanopartikel CoO dan CoO/ZnO dengan berbagai variasi konsentrasi.	103
Gambar 5.16 Grafik linier fitting model orde-pertama dan laju degradasi (K_{app}) dari nanopartikel CoO dan CoO/ZnO dengan berbagai variasi molaritas.....	103
Gambar 5.17 Ilustrasi mekanisme aktivitas fotokatalitik dari nanopartikel CoO/ZnO yang membentuk struktur jungsi P-N.	105
Gambar 5.18 Diagram batang reusabilitas dari nanopartikel CoO/ZnO (1:2) pada tiga kali siklus pengulangan penggunaan.	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Aplikasi fotokatalitik dari CoO untuk degradasi limbah	9
Tabel 2. 2 Aplikasi fotokatalitik dari ZnO untuk degradasi limbah.....	15
Tabel 2. 3 Aplikasi fotokatalitik dari CoO/ZnO untuk degradasi limbah.....	20
Tabel 3. 1 Sifat dan karakteristik dari nanopartikel ZnO	25
Tabel 3. 2 Klasifikasi material berdasarkan sifat magnetik	36
Tabel 3. 3 Hubungan antara cahaya yang diserap dengan warna yang tampak	40
Tabel 3. 4 Hukum laju diferensial orde nol, pertama dan kedua	48
Tabel 4. 1 Data variasi molar ratio antara CoO dan ZnO	69
Tabel 4. 2 Gugus fungsi nanopartikel CoO/ZnO	72
Tabel 5.1 Komposisi fase, jarak antar bidang, dan nilai mikro strain dari CoO dan nanopartikel CoO/ZnO dengan berbagai variasi konsentrasi.	82
Tabel 5.2 Parameter kisi dan ukuran kristalit dari sampel CoO dan nanopartikel CoO/ZnO dengan berbagai variasi konsentrasi	83
Tabel 5.3 Gugus fungsi nanopartikel CoO, ZnO dan CoO/ZnO (1:1).	90
Tabel 5.4 Nilai koersivitas dan magnetik remanent dari nanopartikel CoO dan CoO/ZnO (1:1) dan CoO/ZnO (1:3).	93
Tabel 5.5 Puncak tepi absorpsi dan energi celah pita pada CoO, ZnO, dan nanopartikel CoO/ZnO dengan berbagai variasi konsentrasi.	97
Tabel 5. 6 Persentase efisiensi degradasi, laju degradasi, dan waktu paruh degradasi dari nanopartikel CoO dan ZnO dengan berbagai variasi konsentrasi.	101

Tabel 5.7 Efisiensi degradasi, laju degradasi, dan waktu paruh dari pemakaian pertama (R0) dan pemakaian berulang pertama (R1), kedua (R2), dan ketiga (R3) pada nanopartikel CoO/ZnO (1:2).	108
--	-----