

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR PUBLIKASI	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS	7
II.1 Tinjauan Pustaka	7
II.1.1 Limbah elektroplating dan upaya penanganannya	7
II.1.2 Teknologi fotokatalisis dengan TiO ₂	10
II.1.3 Modifikasi TiO ₂ melalui doping	13
II.1.4 Biru metilen	21
II.1.5 Amoksisilin	23
II.1.7 Disinfeksi bakteri	26
II.2. Perumusan Hipotesis	28
II.2.1 Perumusan hipotesis 1	28
II.2.2 Perumusan hipotesis 2	29
II.2.3 Perumusan hipotesis 3	30
II.2.4 Perumusan hipotesis 4	31
II.3 Rancangan Penelitian	32
BAB III METODE PENELITIAN	33
III.1 Bahan dan Alat Penelitian	33
III.1.1 Bahan penelitian	33
III.1.2 Alat penelitian	33
III.2 Prosedur Penelitian	34
III.2.1 Analisis limbah elektroplating	34
III.2.2 Sintesis fotokatalis	34
III.2.3 Karakterisasi fotokatalis	35
III.2.4 Fotodegradasi biru metilen	36

III.2.5 Fotodegradasi amoksisilin	37
III.2.6 Disinfeksi bakteri	37
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	40
IV.1 Preparasi Fotokatalis TiO ₂ , TiO ₂ -Cu, TiO ₂ -N dan TiO ₂ -N,Cu	40
IV.2 Karakterisasi dan Uji Aktivitas Fotokatalis TiO ₂ -Cu	41
IV.2.1 Hasil karakterisasi FTIR TiO ₂ -Cu	41
IV.2.2 Hasil karakterisasi XRD TiO ₂ -Cu	42
IV.2.3 Hasil karakterisasi SRUV-Vis TiO ₂ -Cu	45
IV.2.4 Hasil karakterisasi SEM-EDX TiO ₂ -Cu	46
IV.2.5 Hasil karakterisasi TEM TiO ₂ -Cu	48
IV.2.6 Uji aktivitas TiO ₂ -Cu untuk Fotodegradasi MB	50
IV.3 Karakterisasi Fotokatalis TiO ₂ -N	56
IV.3.1 Hasil karakterisasi FTIR TiO ₂ -N	56
IV.3.2 Hasil karakterisasi XRD TiO ₂ -N	57
IV.2.3 Hasil karakterisasi SRUV-Vis TiO ₂ -N	59
IV.3.4 Hasil karakterisasi SEM-EDX TiO ₂ -N	60
IV.4 Karakterisasi dan Uji Aktivitas Fotokatalis Ko-doping TiO ₂ -N,Cu	61
IV.4.1 Hasil karakterisasi FTIR	62
IV.4.2 Hasil karakterisasi XRD	63
IV.4.3 Hasil karakterisasi SRUV-Vis	64
IV.4.4 Hasil karakterisasi SEM-EDX dan TEM	66
IV.4.5 Uji aktivitas TiO ₂ -N,Cu untuk Fotodegradasi MB	69
IV.5 Fotodegradasi Amoksisilin dengan Fotokatalis Ko-doping TiO ₂ -N,Cu	73
IV.6 Disinfeksi Bakteri dengan Fotokatalis Ko-doping TiO ₂ -N,Cu	76
IV.6.1 Mekanisme disinfeksi bakteri	79
BAB V KESIMPULAN	81
V.1 Kesimpulan	81
V.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Mekanisme fotokatalitik TiO ₂ (Schneider dkk., 2014)	11
Gambar II.2	Struktur kristal TiO ₂ (a) anatase, (b) rutil dan (c) brookit (Du dkk., 2022)	12
Gambar II.3	Modifikasi <i>band gap</i> TiO ₂ (Asahi dkk., 2014)	13
Gambar II.4	Deposisi logam (M) pada permukaan fotokatalis (Asahi dkk., 2014)	15
Gambar II.5	Perbandingan level energi orbital p antar atom non logam (Asahi dkk., 2014)	18
Gambar II.6	Mekanisme ko-doping N,Cu pada TiO ₂ (Yamanaka dkk., 2013)	20
Gambar II.7	Struktur molekul biru metilen	21
Gambar II.8	Mekanisme dekomposisi biru metilen (Yu dan Chuang, 2008)	22
Gambar II.9	Struktur molekul amoksisilin	23
Gambar II.10	Usulan mekanisme degradasi amoksisilin (Klauson dkk., 2010)	25
Gambar II.11	Mekanisme degradasi fotokatalitik dan disinfeksi bakteri (Ateia dkk., 2020)	28
Gambar II.12	Mekanisme degradasi bakteri oleh fotokatalis TiO ₂ -N,Cu	31
Gambar III.1	Skema reaktor fotokatalis	34
Gambar IV.1	Fotokatalis (a) TiO ₂ , (b) TiO ₂ -Cu, (c) TiO ₂ -N, dan (d) TiO ₂ -N,Cu	40
Gambar IV.2	Reaksi hidrolisis dan kondensasi titanium isopropoksida pada sintesis TiO ₂ (Mustapha dkk., 2020).	40
Gambar IV.3	Spektra FTIR (a) TiO ₂ , dan TiO ₂ -Cu pada berbagai konsentrasi awal dopan: (b) 0,24%; (c) 0,36%; (d) 0,48%; (e) 0,60%; (f) 0,72%; (g) 0,96%	41
Gambar IV.4	Difraktogram (a) TiO ₂ , dan TiO ₂ -Cu pada berbagai konsentrasi awal dopan: (b) 0,24%; (c) 0,36%; (d) 0,48%; (e) 0,60%; (f) 0,72%; (g) 0,96%	43
Gambar IV.5	Spektra SRUV-Vis a) TiO ₂ , dan TiO ₂ -Cu pada berbagai konsentrasi awal dopan: b) 0,24%, c) 0,36% d) 0,48%, e) 0,60%, f) 0,72% g) 0,96%	46
Gambar IV.6	Citra SEM a) TiO ₂ , dan TiO ₂ -Cu: b) 0,24%, c) 0,60%, d) 0,96% dan e) EDX- <i>mapping</i> TiO ₂ -Cu _{0,60%}	47
Gambar IV.7	Citra TEM a) TiO ₂ , dan TiO ₂ -Cu: b) 0,24%, c) 0,60%, dan d) 0,96%	49
Gambar IV.8	Distribusi ukuran partikel a) TiO ₂ , dan TiO ₂ -Cu: b) 0,24%, c) 0,60%, dan d) 0,96% berdasarkan karakterisasi TEM	49
Gambar IV.9	Pengaruh jenis penyinaran terhadap degradasi MB oleh berbagai fotokatalis, [MB]: 2 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, t _{iradiasi} : 120 menit, pH: 6,5	51
Gambar IV.10	Doping Cu pada TiO ₂ dan mekanisme fotodegradasi MB	51

Gambar IV.11	Pengaruh konsentrasi dopan Cu terhadap degradasi biru metilen di bawah sinar tampak, [MB]: 2 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, pH: 6,5	53
Gambar IV.12	Hasil uji stabilitas fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Cu}_{0,60\%}$ untuk degradasi MB di bawah sinar tampak, [MB]: 2 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, t_{iradiasi} : 120 menit, pH: 6,5	54
Gambar IV.13	Uji pelepasan ion Cu^{2+} pada 3 siklus fotodegradasi MB dengan fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Cu}_{0,60\%}$	55
Gambar IV.14	Citra SEM $\text{TiO}_2\text{-Cu}_{0,60\%}$ setelah 5x siklus degradasi MB	55
Gambar IV.15	Spektra FTIR a) TiO_2 , dan $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada berbagai konsentrasi awal dopan: b) 15%, c) 30% d) 45%	56
Gambar IV.16	Struktur elektronik doping N secara (a) substitusi dan (b) interstisial	57
Gambar IV.17	Difraktogram a) TiO_2 , dan $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada berbagai konsentrasi awal dopan: b) 15%, c) 30% dan d) 45%	58
Gambar IV.18	(a) Spektra SRUV-Vis dan (b) plot Tauc TiO_2 dan $\text{TiO}_2\text{-N}$	59
Gambar IV.19	Citra SEM a) $\text{TiO}_2\text{-N}_{15\%}$, b) $\text{TiO}_2\text{-N}_{30\%}$, dan c) $\text{TiO}_2\text{-N}_{45\%}$	61
Gambar IV.20	Spektra FTIR $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}$ a) sebelum kalsinasi dan setelah kalsinasi pada suhu: b) 350; c) 450; d) 500; e) 550 dan f) 650 °C	62
Gambar IV.21	Difraktogram $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}$ a) sebelum kalsinasi dan setelah kalsinasi pada suhu: b) 350; c) 450; d) 500; e) 550 dan f) 650 °C	64
Gambar IV.22	(a) Spektra SRUV-Vis dan (b) plot Tauc $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}$ yang dikalsinasi pada suhu 350–650 °C	65
Gambar IV.23	(a) Spektra SRUV-Vis dan (b) plot Tauc TiO_2 , $\text{TiO}_2\text{-N}$, $\text{TiO}_2\text{-Cu}$ dan $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}$	66
Gambar IV.24	(a) Citra TEM (perbesaran 80.000x) dan (b) distribusi ukuran partikel $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}$	67
Gambar IV.25	Citra SEM fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}$ yang dikalsinasi pada suhu: a) 350; b) 450; c) 500; d) 550 dan e) 650 °C serta f) EDX-mapping $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}_{500}$	68
Gambar IV.26	Pengaruh jenis penyinaran terhadap degradasi MB oleh berbagai fotokatalis, [MB]: 2 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, t_{iradiasi} : 120 menit, pH: 6,5	69
Gambar IV.27	Pengaruh jenis dopan TiO_2 terhadap degradasi MB di bawah sinar tampak, [MB]: 2 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, pH: 6,5	70
Gambar IV.28	a) Pengaruh dosis katalis (b) pengaruh pH larutan (c) pengaruh penambahan <i>scavenger agent</i> terhadap fotodegradasi MB dan (d) perubahan temporal spektrum UV-Vis MB selama degradasi dengan fotokatalitis $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}$ di bawah sinar tampak.	71
Gambar IV.29	Citra SEM $\text{TiO}_2\text{-N,Cu}$ setelah degradasi	73

Gambar IV.30	Pengaruh jenis penyinaran terhadap degradasi amoksisilin oleh fotokatalis TiO ₂ pada jenis dopan berbeda, [AMX]: 20 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, <i>t</i> _{iradiasi} : 300 menit, pH: 6	74
Gambar IV.31	Pengaruh jenis dopan TiO ₂ terhadap degradasi amoksisilin di bawah sinar tampak, [AMX]: 20 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, pH: 6	74
Gambar IV.32	Perubahan temporal spektrum UV-Vis amoksisilin selama fotodegradasi di bawah sinar tampak dengan fotokatalis TiO ₂ -N,Cu, [AMX]: 20 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, pH: 6	76
Gambar IV.33	Pengaruh penambahan <i>scavenger agent</i> terhadap fotodegradasi amoksisilin di bawah sinar tampak dengan fotokatalis TiO ₂ -N,Cu, [AMX]: 20 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, <i>t</i> _{iradiasi} : 300 min; pH:6	76
Gambar IV.34	Disinfeksi bakteri <i>E. coli</i> oleh fotokatalis TiO ₂ dengan berbagai jenis doping dan penyinaran (dosis katalis: 1 g/L, <i>t</i> _{iradiasi} : 30 menit)	77
Gambar IV.35	Citra SEM <i>E. coli</i> (a,b) sebelum dan (c) setelah disinfeksi fotokatalitik dengan TiO ₂ -N,Cu	78
Gambar IV.36	Pengaruh dosis fotokatalis TiO ₂ -N,Cu pada disinfeksi <i>E. coli</i> (sinar tampak, <i>t</i> _{iradiasi} : 30 menit)	78
Gambar IV.37	Pengaruh penambahan <i>scavenger agent</i> pada disinfeksi <i>E. coli</i> dengan fotokatalis TiO ₂ -N,Cu (sinar tampak, <i>t</i> _{iradiasi} : 30 menit)	80
Gambar IV.38	Disinfeksi bakteri <i>E. coli</i> (●) dan <i>S. aureus</i> (►) dengan fotokatalis TiO ₂ -N,Cu (sinar tampak, dosis katalis: 1 g/L)	80

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1	Fotodegradasi amoksisilin dengan berbagai semikonduktor	26
Tabel IV.1	Energi band gap, pergeseran sudut 2θ , ukuran kristalit dan parameter kisi TiO ₂ dan TiO ₂ -Cu dengan variasi konsentrasi Cu	45
Tabel IV.2	Komposisi unsur-unsur penyusun TiO ₂ dan TiO ₂ -Cu yang diperoleh dari analisis EDX	48
Tabel IV.3	Nilai konstanta laju (k) degradasi MB oleh berbagai fotokatalis dengan model kinetika <i>pseudo</i> orde satu, [MB]: 2 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, pH: 6,5, t_{iradiasi} : 120 menit	53
Tabel IV.4	Komposisi unsur penyusun TiO ₂ -Cu _{0,60%} sebelum dan sesudah 5 siklus degradasi	55
Tabel IV.5	Energi band gap, pergeseran sudut 2θ , ukuran kristalit TiO ₂ dan TiO ₂ -N dengan variasi konsentrasi N	58
Tabel IV.6	Komposisi unsur-unsur penyusun TiO ₂ dan TiO ₂ -N yang diperoleh dari analisis EDX	61
Tabel IV.7	Energi band gap dan ukuran kristalit TiO ₂ -N,Cu yang dikalsinasi pada suhu 350–650 °C	64
Tabel IV.8	Komposisi unsur fotokatalis TiO ₂ -N,Cu pada suhu kalsinasi berbeda	68
Tabel IV.9	Nilai konstanta laju (k) degradasi MB (<i>pseudo</i> orde satu)	70
Tabel IV.10	Komposisi unsur fotokatalis TiO ₂ -N,Cu setelah degradasi MB	73
Tabel IV.11	Nilai konstanta laju (k) degradasi amoksisilin (<i>pseudo</i> orde satu) oleh fotokatalis dengan jenis dopan berbeda: sinar tampak, [AMX]: 20 mg/L, dosis katalis: 1 g/L, pH: 6	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1:	Spektra FTIR Fotokatalis	94
Lampiran 2:	Difraktogram Sinar-X Fotokatalis dan Penentuan Rerata Ukuran Kristalit	103
Lampiran 3:	Spektra EDX Fotokatalis	120
Lampiran 4:	Perhitungan energi <i>band gap</i> dengan metode Tauc	125
Lampiran 5:	Kinetika Fotodegradasi MB: <i>Pseudo</i> Orde 1	127
Lampiran 6:	Perhitungan Kinetika Fotodegradasi Amoksisilin	128
Lampiran 7:	Hasil Uji TPC dan Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri	129

DAFTAR PUBLIKASI

1. Judul : Enhancement of TiO₂ Photocatalytic Activity Under Visible Light by Doping with Cu from Electroplating Wastewater
Jurnal : Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis
Status : Published 2022
2. Judul : Advanced Oxidation Processes of Amoxicillin Based on Visible Light Active Nitrogen-doped TiO₂ Photocatalyst
Jurnal : Indonesian Journal of Chemistry
Status : Published 2023