

## DAFTAR ISI

<b>DISERTASI</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR PUBLIKASI</b>	<b>iii</b>
<b>INTISARI</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Tujuan Penelitian	4
I.3. Manfaat Penelitian	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS</b>	<b>5</b>
II.1 Tinjauan Pustaka	5
II.1.1 Titanium(IV) dioksida (TiO <sub>2</sub> )	5
II.1.2 <i>Ko-doping</i> pada fotokatalis TiO <sub>2</sub>	7
II.1.3 Dopan sulfur pada TiO <sub>2</sub>	9
II.1.3 Dopan kobalt pada TiO <sub>2</sub>	10
II.1.4 <i>Ko-doping</i> S dan Co	11
II.1.5 <i>Doping</i> dengan metode <i>sol-gel</i>	12
II.1.6 Zat warna Remazol black	12
II.2 Perumusan Hipotesis dan Rancangan Penelitian	14
II.2.1 Perumusan hipotesis 1	14
II.2.2 Perumusan hipotesis 2	16
II.2.3 Perumusan hipotesis 3	16
II.2.4 Rancangan penelitian	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>20</b>
III.1. Bahan	20
III.2. Alat	20
III.3. Prosedur Penelitian	20
III.3.1 Preparasi fotokatalis	20
III.3.2 Karakterisasi fotokatalis	23
III.3.3 Uji aktivitas fotokatalis hasil sintesis	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>26</b>
IV.1 Preparasi Fotokatalis TiO <sub>2</sub> Terko- <i>doping</i> Atom S dan Co	26
IV.1.1 <i>Doping</i> S pada TiO <sub>2</sub> (TiO <sub>2</sub> -S)	26
IV.1.2 <i>Doping</i> Co pada TiO <sub>2</sub> (TiO <sub>2</sub> -Co)	27

IV.1.3	<i>Ko-doping</i> S dan Co pada TiO <sub>2</sub> dari sumber dopan yang berbeda (TiO <sub>2</sub> -S/Co)	28
IV.1.4	<i>Ko-doping</i> S dan Co pada TiO <sub>2</sub> dari sumber tunggal (TiO <sub>2</sub> -S-Co)	28
IV.2	Karakterisasi Fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S	29
IV.2.1	Hasil karakterisasi FTIR	29
IV.2.2	Hasil karakterisasi XRD	30
IV.2.3	Hasil karakterisasi SEM-EDX	33
IV.2.4	Hasil karakterisasi SRUV-Vis	35
IV.3	Karakterisasi Fotokatalis TiO <sub>2</sub> -Co	37
IV.3.1	Hasil karakterisasi FTIR	37
IV.3.2	Hasil karakterisasi XRD	38
IV.3.3	Karakterisasi SEM-EDX	40
IV.3.4	Karakterisasi SRUV-Vis	42
IV.4	Karakterisasi Fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S/Co	44
IV.4.1	Hasil karakterisasi FTIR	44
IV.4.2	Hasil karakterisasi XRD	45
IV.4.3	Hasil karakterisasi SEM-EDX	47
IV.4.4	Hasil karakterisasi SRUV-Vis	49
IV.5	Karakterisasi Fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S-Co	51
IV.5.1	Hasil karakterisasi FTIR	51
IV.5.2	Hasil karakterisasi XRD	53
IV.5.3	Hasil karakterisasi SEM-EDX	55
IV.5.4	Hasil karakterisasi SRUV-Vis	56
IV.6	Uji Aktivitas Fotokatalis untuk Fotodegradasi Remazol black	59
IV.6.1	Uji aktivitas fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S	59
IV.6.2	Uji aktivitas fotokatalis TiO <sub>2</sub> -Co	62
IV.6.3	Uji aktivitas fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S/Co	65
IV.6.4	Uji aktivitas fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S-Co	67
IV.6.5	Pengaruh pH larutan	72
IV.6.6	Pengaruh massa fotokatalis	74
IV.6.7	Pengaruh konsentrasi Remazol black	75
IV.6.8	Uji penggunaan ulang fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%)	76
IV.6.9	Kinetika Fotodegradasi Remazol black	77
<b>BAB V KESIMPULAN</b>		<b>80</b>
V.1	Kesimpulan	80
V.2	Saran	80
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>82</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>89</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Mekanisme fotoelektrokimia semikonduktor TiO <sub>2</sub> (Hoffmann dkk., 1995)	6
Gambar II.2	Tingkat energi TiO <sub>2</sub> : hv <sub>1</sub> : TiO <sub>2</sub> murni; hv <sub>2</sub> : TiO <sub>2</sub> <i>doping</i> ion logam; hv <sub>3</sub> : TiO <sub>2</sub> <i>doping</i> ion non-logam (Zaleska, 2008)	8
Gambar II.3	Model koordinasi <i>doping</i> S pada TiO <sub>2</sub> (Devi dan Kavitha, 2014)	9
Gambar II.4	Struktur kimia Remazol black (Chen dkk., 2012)	13
Gambar IV.1	Spektrum FTIR fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S <sub>2%</sub> , (c) TiO <sub>2</sub> -S <sub>4%</sub> , (d) TiO <sub>2</sub> -S <sub>10%</sub> , dan (e) TiO <sub>2</sub> -S <sub>20%</sub>	29
Gambar IV.2	Difraktogram sinar-X fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S <sub>2%</sub> , (c) TiO <sub>2</sub> -S <sub>4%</sub> , (d) TiO <sub>2</sub> -S <sub>10%</sub> , dan (e) TiO <sub>2</sub> -S <sub>20%</sub>	31
Gambar IV.3	Citra SEM fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S <sub>2%</sub> , (c) TiO <sub>2</sub> -S <sub>4%</sub> (d) TiO <sub>2</sub> -S <sub>10%</sub> , dan (e) TiO <sub>2</sub> -S <sub>20%</sub>	34
Gambar IV.4	(a) Spektrum SRUV-Vis dan (b) plot Tauc TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S	35
Gambar IV.5	Spektrum FTIR fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>1%</sub> , (c) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>2%</sub> , (d) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>4%</sub> , dan (e) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>6%</sub>	38
Gambar IV.6	Difraktogram sinar-X fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>1%</sub> , (c) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>2%</sub> , (d) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>4%</sub> , dan (e) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>6%</sub>	38
Gambar IV.7	Citra SEM fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>1%</sub> , (c) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>2%</sub> , (d) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>4%</sub> , dan (e) TiO <sub>2</sub> -Co <sub>6%</sub>	41
Gambar IV. 8	(a) Spektrum SRUV-Vis dan (b) plot Tauc TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -Co	43
Gambar IV.9	Spektra FTIR (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S <sub>8%/Co4%</sub> , (c) TiO <sub>2</sub> -S <sub>10%/Co4%</sub>	45
Gambar IV.10	Difraktogram sinar-X fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S <sub>8%/Co4%</sub> , dan (c) TiO <sub>2</sub> -S <sub>10%/Co4%</sub>	46
Gambar IV.11	Citra SEM fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S <sub>8%/Co4%</sub> , dan (c) TiO <sub>2</sub> -S <sub>10%/Co4%</sub>	48
Gambar IV.12	(a) Spektrum SRUV-Vis dan (b) plot Tauc TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S/Co	50
Gambar IV.13	Spektrum FTIR (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S-Co (2%), (c) TiO <sub>2</sub> -S-Co (4%), (d) TiO <sub>2</sub> -S-Co (6%), (e) TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%), dan (f) TiO <sub>2</sub> -S-Co (10%)	52
Gambar IV.14	Difraktogram sinar-X fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S-Co (2%), (c) TiO <sub>2</sub> -S-Co (4%), (d) TiO <sub>2</sub> -S-Co (6%), (e) TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%), dan (f) TiO <sub>2</sub> -S-Co (10%)	53
Gambar IV.15	Citra SEM fotokatalis (a) TiO <sub>2</sub> , (b) TiO <sub>2</sub> -S-Co (2%), (c) TiO <sub>2</sub> -S-Co (4%), (d) TiO <sub>2</sub> -S-Co (6%), (e) TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%), dan (f) TiO <sub>2</sub> -S-Co (10%)	55

Gambar IV.16	(a) Spektrum SRUV-Vis dan (b) plot Tauc TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S-Co	57
Gambar IV.17	Skema mekanisme <i>ko-doping</i> S dan Co pada TiO <sub>2</sub> untuk degradasi fotokatalitik Remazol black	58
Gambar IV.18	Pengaruh fotokatalis TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S pada fotodegradasi Remazol black menggunakan penyinaran (a) sinar tampak, dan (b) sinar UV, dosis fotokatalis: 1 g L <sup>-1</sup> , pH: 5,5, konsentrasi Remazol black: 20 mg L <sup>-1</sup>	61
Gambar IV.19	Pengaruh fotokatalis TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -Co pada fotodegradasi Remazol black menggunakan penyinaran (a) sinar tampak, dan (b) sinar UV, dosis fotokatalis: 1 g L <sup>-1</sup> , pH: 5,5, konsentrasi Remazol black: 20 mg L <sup>-1</sup>	63
Gambar IV.20	Pengaruh fotokatalis TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S/Co pada fotodegradasi Remazol black menggunakan penyinaran (a) sinar tampak, dan (b) sinar UV, dosis fotokatalis: 1 g L <sup>-1</sup> , pH: 5,5, konsentrasi Remazol black: 20 mg L <sup>-1</sup>	66
Gambar IV.21	Pengaruh fotokatalis TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S-Co pada fotodegradasi Remazol black menggunakan penyinaran (a) sinar tampak, dan (b) sinar UV, dosis fotokatalis: 1 g L <sup>-1</sup> , pH: 5,5, konsentrasi Remazol black: 20 mg L <sup>-1</sup>	67
Gambar IV.22	Fotodegradasi Remazol black oleh berbagai fotokatalis di bawah iradiasi sinar tampak, konsentrasi Remazol black: 20 mg L <sup>-1</sup> , dosis fotokatalis: 1,0 g L <sup>-1</sup> , pH: 5,5	69
Gambar IV.23	Adsorpsi Remazol black oleh fotokatalis TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%) dalam kondisi gelap tanpa penyinaran, konsentrasi Remazol black: 20 mg L <sup>-1</sup> , pH larutan: 5,5, dan dosis fotokatalis 1 g L <sup>-1</sup>	70
Gambar IV.24	Perubahan temporal Remazol black selama degradasi fotokatalitik menggunakan fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%) di bawah iradiasi cahaya tampak, konsentrasi Remazol black: 20 mg L <sup>-1</sup> , pH: 3,0, dosis fotokatalis: 1,0 g L <sup>-1</sup>	71
Gambar IV.25	Pengaruh pH awal larutan terhadap degradasi fotokatalitik Remazol black oleh fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%) di bawah 60 menit penyinaran sinar tampak, konsentrasi Remazol black: 20 mg L <sup>-1</sup> , dosis fotokatalis: 1 g L <sup>-1</sup>	72
Gambar IV.26	pH <sub>PZC</sub> fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%)	74
Gambar IV.27	Pengaruh massa fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%) terhadap degradasi Remazol black pada pH larutan 3,0 dan konsentrasi Remazol black 20 mg L <sup>-1</sup>	75
Gambar IV.28	Pengaruh konsentrasi Remazol black pada efisiensi penurunan konsentrasi oleh fotokatalis TiO <sub>2</sub> -S-Co (8%) dibawah 90 menit penyinaran sinar tampak pada dosis fotokatalis 1,0 g L <sup>-1</sup> , pH larutan 3,0	76

- Gambar IV.29 Hasil uji penggunaan ulang TiO<sub>2</sub>-S-Co (8%) pada dekontaminasi fotokatalitik Remazol black di bawah penyinaran sinar tampak, konsentrasi Remazol black: 20 mg L<sup>-1</sup>, pH awal: 3,0, dosis fotokatalis: 1,0 mg L<sup>-1</sup> 77
- Gambar IV.30 Plot  $\ln(C_0/C)/(C_0-C)/(C_0-C)$  terhadap  $t/(C_0-C)$  pada penyinaran sinar tampak 78

## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1	Perubahan sudut difraksi puncak-puncak TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S	32
Tabel IV.2	Ukuran rata-rata kristalit TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S	32
Tabel IV.3	Komposisi unsur-unsur penyusun TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S yang diperoleh dari analisis EDX	34
Tabel IV.4	Energi celah pita fotokatalis TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S	36
Tabel IV.5	Perubahan sudut difraksi puncak-puncak TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -Co	39
Tabel IV.6	Ukuran rata-rata kristalit TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -Co	40
Tabel IV.7	Komposisi unsur-unsur penyusun TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -Co yang diperoleh dari analisis EDX	42
Tabel IV.8	Energi celah pita fotokatalis TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -Co	44
Tabel IV.9	Ukuran rata-rata kristalit TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S/Co	47
Tabel IV.10	Komposisi unsur-unsur penyusun TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S/Co yang diperoleh dari analisis EDX	49
Tabel IV.11	Ukuran rata-rata kristalit TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S/Co	51
Tabel IV.12	Perubahan sudut difraksi puncak-puncak TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S-Co	54
Tabel IV.13	Ukuran rata-rata kristalit TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S-Co	54
Tabel IV.14	Komposisi unsur-unsur penyusun TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S-Co yang diperoleh dari analisis EDX	56
Tabel IV.15	Energi celah pita fotokatalis TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> -S-Co	57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Spektrum FTIR Fotokatalis	89
Lampiran 2	Difraktogram Sinar-X Fotokatalis	105
Lampiran 3	Penentuan energi celah pita dari hasil SRUV-Vis menggunakan persamaan Kubelka-Munk untuk membentuk grafik $(F(R)hv)^2$ vs Energi	120
Lampiran 4	EDX Fotokatalis	128
Lampiran 5	Uji Aktivitas Fotokatalis	136

## DAFTAR SINGKATAN

Eg	: energi celah pita
FTIR	: <i>fourier-transform infrared spectroscopy</i>
FWHM	: <i>the full width at half maximum</i>
pH <sub>PZC</sub>	: pH Point Zero Charge
SEM-EXD	: <i>scanning electron microscope-energy dispersive X-ray</i>
SRUV-Vis	: <i>specular reflectance spectrophotometer ultraviolet-visible</i>
TTIP	: titanium tetraisopropoksida
XRD	: <i>X-ray diffraction</i>
TiO <sub>2</sub> -S	: TiO <sub>2</sub> terdoping S
TiO <sub>2</sub> -Co	: TiO <sub>2</sub> terdoping Co
TiO <sub>2</sub> -S/Co	: TiO <sub>2</sub> terko-doping S dan Co dari sumber ganda
TiO <sub>2</sub> -S-Co	: TiO <sub>2</sub> terko-doping S dan Co dari sumber tunggal

## DAFTAR PUBLIKASI

### Jurnal Internasional

1. Dwiyanra, R., Roto, R., Suwondo, K.P., and Wahyuni, E.T., 2021, Enhanced Photocatalytic Degradation of Remazol black under Visible Light Illumination through S doped TiO<sub>2</sub> (S-TiO<sub>2</sub>) nanoparticle: operational factors and kinetic study, *Global NEST Journal*, 23(2), 323-332.
2. Dwiyanra, R., Roto, R., and Wahyuni, E.T., 2021, Remazol black Decontamination Study using a Novel One-Pot Synthesized S and Co co-doped TiO<sub>2</sub> Photocatalyst, *Photochem*, 1, 488-504.
3. Dwiyanra, R., Roto, R., and Wahyuni, E.T., The influence of S doped on the properties and photocatalytic activity of Co-TiO<sub>2</sub> under visible light illumination, submit ke *International Journal of Environmental Science and Technology (JEST)*, Juni 2022.