

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	x
INTISARI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 <i>Green Synthesis</i> Nanopartikel Fe ₃ O ₄	9
2.2 <i>Green Synthesis</i> Nanopartikel Cdots	11
2.3 Nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots.....	12
BAB III LANDASAN TEORI	20
3.1 Kemagnetan Material	20
3.2 Nanopartikel Magnetit (Fe ₃ O ₄).....	23
3.3 Carbon dots (Cdots).....	25
3.4 Metode Sintesis Nanomaterial.....	27
3.5 Hipertermia Magnetik.....	30
3.6 Aktivitas Antibakteri.....	33
3.7 Metode Karakterisasi Material	36
3.8.1 <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	36
3.8.2 <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM)	37

3.8.3	<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Mapping (SEM-EDX Mapping)</i>	39
3.8.4	<i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	41
3.8.5	Spektrofotometer UV-Vis.....	42
3.8.6	Spektroskopi <i>Photoluminescence (PL)</i>	44
3.8.7	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	45
3.8.8	Metode Kalorimetri	46
BAB IV METODE PENELITIAN		65
4.1	Tempat dan Waktu Penelitian	65
4.2	Alat dan Bahan Penelitian	65
4.3	Skema Penelitian	68
4.4	Prosedur Penelitian	69
4.4.1	Ekstraksi MO.....	70
4.4.2	<i>Green synthesis Fe₃O₄</i>	70
4.4.3	<i>Green synthesis Cdots</i>	71
4.4.4	Fabrikasi Nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots	71
4.5	Karakterisasi Nanomaterial	72
4.5.1	<i>X-Ray Diffractometer (XRD)</i>	72
4.5.2	<i>Transmission Electron Microscopy (TEM)</i>	74
4.5.3	<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Mapping (SEM-EDX Mapping)</i>	75
4.5.4	<i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	76
4.5.5	UV-Vis Spektroskopi.....	77
4.5.6	<i>Photoluminescence Spectroscopy (PL)</i>	79
4.5.7	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	80
4.5.8	<i>Specific Absorbtion Rate (SAR)</i> menggunakan Metode Kalorimetri	81
4.5.9	Uji Aktivitas Antibakteri	82
5.1	Mekanisme Pembentukan Nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots	84
5.1.1	Mekanisme Pembentukan Fe ₃ O ₄ dengan Metode <i>Green Synthesis</i>	84
5.1.2	Mekanisme Pembentukan Cdots dengan Metode <i>Green Synthesis</i>	86
5.1.3	Mekanisme Fabrikasi Fe ₃ O ₄ /Cdots dengan Metode Sonikasi.....	87

5.2	Karakterisasi Nanopartikel Fe ₃ O ₄ , Cdots, dan Nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots	87
5.2.1	Analisa Morfologi dan Komposisi	87
5.2.2	Analisa Gugus Fungsi	92
5.2.3	Analisa Sifat Optik dan Energi Celah Pita	94
5.2.4	Analisa Struktur Kristal.....	99
5.2.5	Analisa Sifat Kemagnetan.....	102
5.3	Analisa SAR pada Hipertermia Magnetik	105
5.4	Analisa Aktivitas Antibakteri.....	110
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		113
6.1	Kesimpulan	113
6.2	Saran	114
DAFTAR PUSTAKA		115
LAMPIRAN 1		125
LAMPIRAN 2		126
LAMPIRAN 3		128
LAMPIRAN 4		130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Medan magnet dalam kawat kumparan (Kamalaruban dkk., 2017).....	20
Gambar 3.5 Struktur Carbon dots (Cdots) (Jorns & Pappas, 2021)	26
Gambar 3.6 Skema metode sintesis nanomaterial (Baig dkk., 2021).....	27
Gambar 3.7 Tanaman Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>).....	29
Gambar 3.8 Mekanisme terapi hipertermia magnetik (Benos dkk., 2022).....	31
Gambar 3.9 Mekanisme pembentukan panas pada hipertermia magnetik yang disebabkan oleh <i>hysteresis loss</i> , relaksasi <i>Néel</i> , dan relaksasi <i>Brownian</i> (Laha dkk., 2022).....	33
Gambar 3.10 Struktur sel bakteri (Jiménez dkk., 2022).....	33
Gambar 3.11 Struktur dinding sel bakteri gram positif dan gram negatif (Jiménez dkk., 2022).....	34
Gambar 3.12 Ilustrasi uji aktivitas antibakteri dengan metode	35
(a) pengenceran/dilusi, dan (b) difusi (Correa dkk., 2020)	35
Gambar 3.13 Ilustrasi instrumen XRD (Gumustas dkk., 2017)	37
Gambar 3. 14 Ilustrasi instrumen TEM (Inkson, 2016).....	38
Gambar 3.15 Ilustrasi instrumen SEM-EDX (Inkson, 2016)	40
Gambar 3.16 Ilustrasi mode vibrasi <i>stretching</i> dan <i>bending</i> (Mendes & Duarte, 2021) 41	
Gambar 3. 17 Ilustrasi spektrofotometer FTIR (Famarzi dkk., 2023).....	42
Gambar 3.18 Skema spektrofotometer UV-Vis (Braga dkk., 2019).....	43
Gambar 3.19 Ilustrasi PL (Li & Yue, 2014).....	44
Gambar 3.20 Ilustrasi VSM (Hussein dkk, 2021)	45
Gambar 3.21 Ilustrasi metode kalorimetri (Abenojar dkk., 2016)	46
Gambar 4. 1. Skema penelitian <i>green-synthesized</i> nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots	68
Gambar 4.2 Skematik <i>green-synthesized</i> nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots (a) pembuatan larutan ekstrak MO, (b) <i>green-synthesized</i> nanokomposit Fe ₃ O ₄ (c) <i>green-synthesized</i> Cdots, dan (d) Fabrikasi nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots.....	69
Gambar 4.3 Ilustrasi difraksi XRD nanopartikel Fe ₃ O ₄ /Cdots(Shirke dkk., 2022).....	73
Gambar 4.4 Hasil citra TEM dari (a) Cdots (Shafey, 2021), (b) Fe ₃ O ₄ (Żołopa dkk., 2023), dan (c) nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots (Ahmadian dkk., 2018).....	75
Gambar 4.5 Hasil karakterisasi (a) SEM, dan (b) EDX Mapping dari Fe ₃ O ₄ (Reddy dkk., 2018).....	76

Gambar 4.6 Ilustrasi hasil FTIR Fe ₃ O ₄ , Cdots dan Fe ₃ O ₄ /Cdots(Luo dkk., 2019)	76
Gambar 4. 7 Ilustrasi kurva (a) absorbansi UV-Vis, dan (b) energi band gap nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄ (Yusefi, dkk., 2021)	78
Gambar 4.8 Ilustrasi hasil spektroskopi PL nanopartikel Cdots (Z. Liu dkk., 2023)	79
Gambar 4.9 Ilustrasi kurva histeresis Fe ₃ O ₄ , dan Fe ₃ O ₄ @C (Bao dkk., 2014)	80
Gambar 4.10 Ilustrasi skema pengukuran SAR menggunakan metode kalorimetri dengan material Fe ₃ O ₄ /Cdots	82
Gambar 4. 11 Ilustrasi pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode agar difusi dengan material Fe ₃ O ₄ /Cdots.....	83
Gambar 5.1 Mekanisme Pembentukan Fe ₃ O ₄ dengan metode <i>green synthesis</i>	85
Gambar 5.2 Mekanisme Pembentukan Cdots dengan metode <i>green synthesis</i>	86
Gambar 5.3 Mekanisme Fabrikasi Fe ₃ O ₄ /Cdots dengan metode sonikasi	87
Gambar 5.4 Citra morfologi dan distribusi ukuran Cdots	88
Gambar 5.5 (a) Gambar TEM dan gambar SAED dari Fe ₃ O ₄ , (b) Distribusi ukuran partikel Fe ₃ O ₄ , (c) Gambar TEM dan gambar SAED dari Fe ₃ O ₄ /Cdots 10 mL, dan (d) Distribusi ukuran partikel dari Fe ₃ O ₄ /Cdots 10 mL, (e) Gambar TEM dan gambar SAED dari Fe ₃ O ₄ /Cdots 20 mL, dan (f) Distribusi ukuran partikel dari Fe ₃ O ₄ /Cdots 20 mL, (g) Gambar TEM dan gambar SAED dari Fe ₃ O ₄ /Cdots 30 mL, dan (h) Distribusi ukuran partikel distribusi ukuran partikel Fe ₃ O ₄ /Cdots 30 mL	89
Gambar 5.6 (a) Gambar SEM dan analisis pemetaan Fe ₃ O ₄ , (b) Analisis EDX Fe ₃ O ₄ , (c) Gambar SEM dan analisis pemetaan Fe ₃ O ₄ /Cdots 10 mL, (d) Analisis EDX Fe ₃ O ₄ /Cdots 10 mL, (e) Gambar SEM dan analisis pemetaan Fe ₃ O ₄ /Cdots 20 mL, dan (f) Analisis EDX Fe ₃ O ₄ /Cdots 20 mL.....	91
Gambar 5.7 Spektrum FTIR (a) Cdots, (b) Fe ₃ O ₄ /Cdots 30 mL, (c) Fe ₃ O ₄ /Cdots 25 mL, (d) Fe ₃ O ₄ /Cdots 20 mL, (e) Fe ₃ O ₄ /Cdots 15 mL, (f) Fe ₃ O ₄ /Cdots 10 mL, dan (g) Fe ₃ O ₄	92
Gambar 5.8 Spektrum absorbansi (a) Cdots, (b) Fe ₃ O ₄ /Cdots 30 mL, (c) Fe ₃ O ₄ /Cdots 25 mL, (d) Fe ₃ O ₄ /Cdots 20 mL, (e) Fe ₃ O ₄ /Cdots 15 mL, (f) Fe ₃ O ₄ /Cdots 10 mL, dan (g) Fe ₃ O ₄	95

Gambar 5.9 Grafik <i>Tauc Plot</i> nanopartikel (a) Fe ₃ O ₄ (inset: Cdots), (b) Fe ₃ O ₄ /Cdots 10 mL, (c) Fe ₃ O ₄ /Cdots 15 mL, (d) Fe ₃ O ₄ /Cdots 20 mL, (e) Fe ₃ O ₄ /Cdots 25 mL, dan (f) Fe ₃ O ₄ /Cdots 30 mL.....	96
Gambar 5.10 Spektrum <i>photoluminescence</i> nanopartikel Fe ₃ O ₄ , Cdots, dan nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots	97
Gambar 5.11 Spektrum XRD nanopartikel Fe ₃ O ₄ menggunakan metode <i>Rietveld Refinement</i>	99
Gambar 5.12 Pola difraksi sinar-X dari nanopartikel Fe ₃ O ₄ dan nanokomposit Fe ₃ O ₄ /cdots	100
Tabel 5.4 Analisis parameter kisi, ukuran kristalit, dan komposisi fasa dari nanokomposit	101
Gambar 5.13 Kurva histeresis nanopartikel Fe ₃ O ₄ dan nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots ...	102
Gambar 5.14 <i>Langevin fit</i> dari nanopartikel Fe ₃ O ₄ dan nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots...	103
Gambar 5.15 Kurva perubahan suhu terhadap waktu nanopartikel Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ /Cdots	105
Gambar 5. 16 Nilai SAR berdasarkan variasi frekuensi (a) 10 kHz, (b) 15 kHz, dan (c) 20 kHz.....	106
Gambar 5. 17 Nilai SAR berdasarkan variasi medan magnet eksternal (a) 100 Oe, dan (b) 150 Oe.....	107
Gambar 5. 18 Skema pemanasan nanopartikel pada saat diberi medan magnet eksternal bolak-balik	108
Gambar 5. 19 Diameter zona hambat oleh nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots dan kontrol positif maupun negative.....	111
Gambar 5. 20 Ilustrasi skematis mekanisme antibakteri.	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka	13
Tabel 3.1 Sifat kemagnetan pada material magnetik (Rajan & Sahu, 2020)	21
Tabel 3.2 Sifat fisis material Fe ₃ O ₄ (Mihai dkk., 2020)	24
Tabel 4. 1. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian.....	67
Tabel 4.2 Data variasi perbandingan Fe ₃ O ₄ /Cdots	72
Tabel 4.3 Data gugus fungsi dari nanopartikel Fe ₃ O ₄ /Cdots berdasarkan referensi yang relevan	77
Tabel 5.1 Gugus fungsi dan bilangan gelombang dari nanopartikel Fe ₃ O ₄ , Cdots, dan nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots.....	94
Tabel 5.2 Nilai energi celah pita pada nanopartikel Fe ₃ O ₄ , Cdots, dan nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots	97
Tabel 5.3 Panjang gelombang eksitasi pada nanopartikel Cdots dan nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots dengan variasi konsentrasi.....	98
Tabel 5.5 Nilai magnetisasi saturasi dari nanopartikel Fe ₃ O ₄ dan nanokomposit Fe ₃ O ₄ /Cdots	104
Tabel 5.6 Studi perbandingan nanopartikel berbasis magnetit untuk hipertermia magnetik.	109