

**PEMANFAATAN NANOPARTIKEL MgO SEBAGAI AGEN
ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli* PADA
CAT TEMBOK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana sains



SINTIA NOVELIZA

NIM/TM. 18036074/2018

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

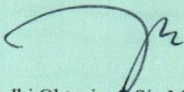
PERSETUJUAN SKRIPSI

PEMANFAATAN NANOPARTIKEL MgO SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli* PADA CAT TEMBOK

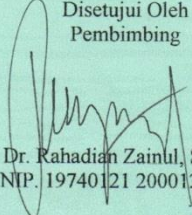
Nama : Sintia Noveliza
NIM : 18036074
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 23 Agustus 2022

Mengetahui
Kepala Departemen Kimia


Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19721024 199803 1 001

Disetujui Oleh
Pembimbing


Prof. Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.
NIP. 19740121 200012 1001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

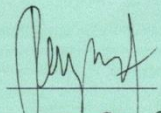
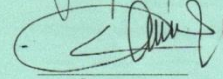
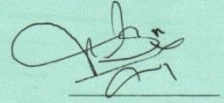
Nama : Sintia Noveliza
NIM : 18036074
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PEMANFAATAN NANOPARTIKEL MgO SEBAGAI AGEN
ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli* PADA
CAT TEMBOK**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 23 Agustus 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Prof. Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M. Si.	
Anggota	: Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D.	
Anggota	: Miftahul Khair, M.Sc., Ph.D.	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

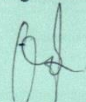
Nama	: Sintia Noveliza
NIM/TM	: 18036074 / 2018
Tempat/Tanggal Lahir	: Siguntur/ 18 Juni 2000
Program Studi	: Kimia
Departemen	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat	: Jln. Gajah II No. 11
No. HP/Telp	: 081267345922
Judul Skripsi	: Pemanfaatan Nanopartikel MgO Sebagai Agen Antibakteri Terhadap Bakteri <i>Escherichia coli</i> Pada Cat Tembok

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di Universitas Negeri Padang maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh – sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 23 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan



Sintia Noveliza
NIM. 18036074

Pemanfaatan Nanopartikel MgO Sebagai Agen Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia Coli* Pada Cat Tembok

Sintia Noveliza

ABSTRAK

Dari dulu hingga sekarang kebutuhan akan cat selalu meningkat setiap tahunnya untuk itu cat harus memiliki kualitas yang sangat ramah lingkungan terutama ketahanan terhadap bakteri. Penelitian kali ini dilakukan pengujian sifat agen antibakteri, dengan cat yang digunakan yaitu Cat Tembok dan bakteri *Escherichia coli* sebagai bakteri uji, Pengujian bakteri dilakukan dengan metode Difusi Cakram, pengujian dilakukan dengan variasi MgO pada Cat Tembok yaitu 0%, 1%, 3%, 5%, dan 100% untuk kontrol positif serta variasi lama inkubasi yaitu 1 hari, 2 hari, dan 3 hari dimana pengujian berasal dari aktifnya ROS (*Reactive Oxygen Species*) pada MgO. Pengujian ini dilakukan untuk melihat upaya MgO sebagai agen antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hasil pengujian agen antibakteri diperoleh hasil yang baik pada konsentrasi MgO 5% dan 100% pada inkubasi 3 hari sebesar 9,81 mm dan 12,76 mm dengan respon hambat terhadap bakteri yaitu sedang dan kuat. Hasil karakterisasi XRD terhadap MgO menunjukkan struktur kubik dan hasil FTIR menunjukkan vibrasi Mg-O pada bilangan gelombang $527,25\text{ cm}^{-1}$, $480,97\text{ cm}^{-1}$, $467,84\text{ cm}^{-1}$, dan $422,58\text{ cm}^{-1}$. Hasil karakterisasi XRF menunjukkan konsentrasi MgO yang terkandung dalam cat sebesar 24,01%. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan tidak ada reaksi yang terbentuk antara cat dengan MgO.

Kata kunci : Antibakteri, Cat Tembok, Difusi Cakram, *Escherichia coli*, MgO.

Utilization of MgO Nanoparticles as Antibacterial Agent Against Escherichia Coli Bacteria on Wall Paint

Sintia Noveliza

ABSTRACT

From the past until now the need for paint has always increased every year for that paint must have a very environmentally friendly quality, especially resistance to bacteria. This study was conducted to test the properties of antibacterial agents, with the paint used namely Wall Paint and Escherichia coli bacteria as test bacteria, Bacterial testing was carried out by the Disc Diffusion method, the test was carried out with variations of MgO on Wall Paint, namely 0%, 1%, 3%, 5%, and 100% for positive control as well as variations in incubation time, namely 1 day, 2 days, and 3 days where the test came from the active ROS (Reactive Oxygen Species) in MgO. This test was conducted to see the efforts of MgO as an antibacterial agent in inhibiting bacterial growth. The results of the antibacterial agent test showed good results at concentrations of 5% and 100% MgO at 3 days incubation of 9.81 mm and 12.76 mm with an inhibitory response to bacteria, namely moderate and strong. The results of XRD characterization of MgO showed a cubic structure and FTIR results showed Mg-O vibrations at wave numbers 527.25 cm^{-1} .480, 97 cm^{-1} , 467.84 cm^{-1} , and 422.58 cm^{-1} . The results of XRF characterization showed that the concentration of MgO contained in the paint was 24.01%. The results of SEM characterization showed that there was no reaction formed between the paint and MgO.

Keywords: Antibacterial, Wall Paint, Disc Diffusion, Escherichia coli, MgO.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta sholawat dan salam kepada nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “PENGARUH PENAMBAHAN MgO TERHADAP SIFAT ANTIBAKTERI PADA CAT TEMBOK”.

Dalam menyelesaikan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, dan saran yang tak ternilai dari beberapa pihak. Berdasarkan hal ini, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si. sebagai pembimbing skripsi sekaligus dosen pembimbing akademik.
2. Bapak Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Bapak Miftahul Khair, M.Sc., Ph.D. sebagai dosen pembahas.
3. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Kimia dan Ketua Prodi Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
4. Bapak/Ibu Staf Pengajar, Laboran, dan Karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Orang tua penulis dan keluarga tercinta yang telah memberikan motivasi yang begitu luar biasa kepada penulis.
6. Teman-Teman seperjuangan Jurusan Kimia 2018 yang telah memberikan bantuan dan motivasi dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis berharap atas bantuan dan motivasi yang Bapak/Ibu, Orang tua, dan Teman-Teman berikan dapat membawa banyak hal baik dan menjadi ladang pahala untuk kita semua serta mendapat balasan yang begitu baik dari Allah SWT.

Penelitian ini telah dilakukan dengan sebaik-sebaiknya, namun agar penelitian ini mendekati kata sempurna, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas kritik dan saran penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Padang, 15 Agustus 2022

Sintia Noveliza

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS	7
A. Cat Tembok	7
B. <i>Magnesium Oxide</i>	9
C. Bakteri <i>Escherichia Coli</i>	11
D. Efektivitas MgO terhadap Bakteri	13
E. XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	16
F. FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	18
G. XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>)	19
H. SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	20
I. Metode Difusi Cakram	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
A. Waktu dan Tempat Penelitian	22
B. Objek Penelitian	22
C. Variabel Penelitian	22
D. Alat dan Bahan Penelitian	22
E. Prosedur Penelitian	23
1. Sintesis MgO	23
2. Karakterisasi MgO menggunakan Instrumen XRD	23
3. Karakterisasi MgO menggunakan Instrumen FTIR	23
4. Karakterisasi Cat-MgO menggunakan Instrumen XRF	24
5. Karakterisasi Cat-MgO menggunakan Instrumen SEM	24

6. Pembuatan Cat Tembok.....	24
7. Penambahan nanopartikel MgO pada Cat Tembok	25
8. Uji Efektivitas Antibakteri.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
A. Sintesis MgO	28
B. Proses Pembuatan Cat Tembok	30
C. Proses Mixing Cat-MgO.....	30
D. Uji Efektivitas Cat-MgO terhadap bakteri <i>Escherichia Coli</i>	32
E. Uji Karakteristik MgO instrumen XRD	39
F. Uji Karakteristik MgO instrumen FTIR.....	40
G. Uji Karakteristik Cat-MgO instrumen XRF	42
H. Uji Karakteristik Cat-MgO instrumen SEM	43
BAB V PENUTUP.....	45
A. Kesimpulan.....	45
B. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Cat Tembok.....	7
Gambar 2. Magnesium Oxide	9
Gambar 3. Struktur Kristal MgO	11
Gambar 4. Morfologi dan Klarifikasi Escherichia Coli.....	11
Gambar 5. X-Ray Diffraction	16
Gambar 6. Pola Difraksi Sinar-X.....	17
Gambar 7. Skema Kerja FTIR	18
Gambar 8. X-Ray Fluorescence	19
Gambar 9. Scanning Electron Microscope.....	20
Gambar 10. Ilustrasi metode difusi cakram	21
Gambar 11. Pengukuran Diameter Zona Hambat	26
Gambar 12. Larutan MgCl ₂ yang telah mengerak	28
Gambar 13. Serbuk MgO murni hasil sintesis	29
Gambar 14. Proses Sonikasi Cat-MgO	31
Gambar 15. Mekanisme ROS	32
Gambar 16. Skema Pengujian antibakteri.....	33
Gambar 17. Hasil Pengujian selama 1 hari tanpa sonikasi	34
Gambar 18. Hasil Pengujian Inkubasi 2 hari	35
Gambar 19. Grafik Hasil Pengujian Inkubasi 2 Hari	36
Gambar 20. Hasil Pengujian Inkubasi 3 hari	37
Gambar 21. Grafik Hasil Pengujian Inkubasi 3 Hari	39
Gambar 22. Pola XRD MgO.....	39
Gambar 23. Hasil uji FTIR.....	41
Gambar 24. Morfologi Cat-MgO	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Fisika dari MgO.....	10
Tabel 2. Daftar bilangan gelombang berbagai jenis ikatan.....	19
Tabel 3. Kategori Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri	27
Tabel 4. Hasil Pengujian Inkubasi 2 hari.....	36
Tabel 5. Hasil Pengujian Inkubasi 3 hari.....	38
Tabel 6. Data XRF.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Sintesis MgO nps	51
Lampiran 2. Skema Pembuatan Cat Tembok.....	51
Lampiran 3. Skema Pencampuran Cat-MgO	52
Lampiran 4. Skema Uji Aktivitas Antibakteri	52
Lampiran 5. Desain Penelitian	53
Lampiran 6. Perhitungan.....	54
Lampiran 7. Tabel Data Kristal XRD	56
Lampiran 8. Pengukuran Diameter Zona Hambat Bakteri.....	56
Lampiran 9. Data Hasil Karakterisasi XRD Sampel MgO nps.....	57
Lampiran 10. Data hasil karakterisasi FTIR	62
Lampiran 11. Data Hasil karakterisasi XRF Sampel Cat-MgO nps	63
Lampiran 12. Data Hasil Karakterisasi SEM Sampel Cat-MgO nps.....	64
Lampiran 13. Dokumentasi Penelitian.....	65
Lampiran 14. Anggaran Biaya	68

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini, cat merupakan industri terkemuka yang memiliki peranan penting terutama untuk keperluan dekoratif. Oleh sebab itu, perkembangan industri cat di Indonesia setiap tahunnya meningkat, sesuai dari hasil penyelidikan pada PT Mars Indonesia tepatnya pada tahun 2012 diperkirakan perkembangan industri cat lokal mencapai 10 % per tahunnya dengan nilai jual mencapai Rp 10,47 triliun (tahun 2010), dan pada tahun 2012 nilai jual cat lokal mencapai Rp 12,57 triliun (Cahyadi & Puspita, 2019).

Setiap Tahun kematian yang diakibatkan oleh infeksi bakteri pada manusia diseluruh pelosok dunia sudah mencapai angka 10 juta jiwa. Diketahui lebih dari 75% kematian ini disebabkan oleh sel-sel mikroorganisme berbahaya yang terdapat pada tubuh manusia. Mikroorganisme berbahaya seperti bakteri biasanya dapat dijumpai diberbagai permukaan, contohnya pada lantai, permukaan dinding gedung-gedung besar maupun rumah. Untuk mengantisipasi pertumbuhan bakteri berbahaya ini pada permukaan dinding yang dapat membahayakan manusia perlu dilakukan upaya mencegah terjadinya kontak langsung bakteri dengan permukaan dinding. Hal ini dapat dilakukan dengan memodifikasi cat pelapis yang mempunyai sifat antibakteri agar tidak terjadi infeksi terhadap manusia (Rihayat et al., 2019).

Dengan adanya cat pelapis yang mempunyai sifat antibakteri menjadi suatu hal yang sangat penting sebagai suatu metode yang efektif dalam upaya menghindari kontaminasi antara bakteri dengan permukaan dinding. Cat dengan sifat antibakteri merupakan strategi yang dapat menjamin kebersihan lingkungan baik diluar maupun didalam ruangan dengan menghambat pertumbuhan kolonisasi bakteri dengan permukaan dinding (Querido et al., 2022).

Secara garis besar, nanoteknologi memberikan harapan baru di berbagai bidang. Nanoteknologi mampu menciptakan material dengan dimensi nanometer, dan aplikasinya serta adanya properti baru yang muncul dari nanopartikel yang dibuat. Beberapa nanopartikel dianggap sebagai agen antibakteri, hal ini disebabkan karena ukuran, struktur, dan memiliki sifat yang sangat teruji sebagai antibakteri (Raghupathi dkk., 2011). Itu sebabnya, nanoteknologi memberikan solusi dalam meningkatkan efektivitas antibakteri zat aktif anorganik. Nanopartikel yang terbuat dari semikonduktor logam oksida seperti *zinc oxide* (ZnO), *magnesium oxide* (MgO), dan *calcium oxide* (CaO) telah dipelajari sebagai agen antibakteri (Roselli dkk et al., 2003, Stoimenov dkk., 2002, Shivastava dkk., 2007).

Dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadikan manusia lebih berkarya dan mencari penemuan-penemuan baru diberbagai bidang. Salah satunya adalah memodifikasi cat tembok sebagai cat antibakteri atau cat ramah lingkungan dengan melihat pengaruh penambahan suatu logam oksida. Dimana beberapa logam

oksida dipercaya sebagai agen antibakteri. Logam oksida mempunyai peranan penting dalam bidang kimia, fisika, bahkan material dikarenakan kelebihan yang dimilikinya yaitu tidak berbahaya, terutama stabil dan aktivitas fotokatalisnya memuncak (Ganapathi dkk., 2013).

Ada berbagai cara dalam upaya menghambat pertumbuhan bakteri dengan adanya nanopartikel logam oksida salah satunya yaitu pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yaitu kemampuan nanopartikel dalam upaya menghambat pertumbuhan bakteri melalui radikal bebas oksigen. Dimana radikal bebas oksigen yang dimaksud adalah hydrogen peroksida (H_2O_2) dan anion superoksida. Peristiwa ROS mengakibatkan stress oksidatif tinggi yang dapat mempercepat pembentukan lubang didalam membran bakteri sehingga menyebabkan lisis sel bakteri (Gold et al., 2018).

Adapun beberapa metode untuk sintesis nanopartikel MgO diantaranya metode presipitasi, sol-gel, logam-terlarut asam, dan hidrotermal. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Jika menggunakan metode hidrotermal maka akan mengurangi aglomerasi partikel dan Kristal yang dihasilkan relatif sejenis dan homogen dengan suhu rendah ($< 150\ ^\circ C$). Namun cara ini membutuhkan biaya yang tidak sedikit dan stoikiometri larutan sulit dikontrol. Namun untuk metode presipitasi akan bisa menghendel ukuran partikel serta bisa memakai suhu yang relatif rendah dan waktu terpakai juga singkat (Witjaksono, 2011). Semua metode yang tertulis dapat dilakukan dalam sintesis nanopartikel. Untuk pembandingan metode-metode sebelumnya, maka pada penelitian ini

metode logam-terlarut asam diambil sebagai prosedur dalam pembuatan nanopartikel. Keunggulan dalam mengambil metode ini yaitu lebih efisien, biaya relatif murah, proses sintesis yang *simple* dan diperoleh kristal MgO.

Beberapa peneliti mengatakan bahwa MgO telah terbukti ke efektivitasannya sebagai agen antibakteri baik gram negatif maupun gram positif (Nguyen *et al.*, 2018, Noori & Kareem, 2019, He *et al.*, 2016).

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan MgO sebagai agen antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* pada Cat Tembok. MgO didefinisikan sebagai bahan keramik potensial yang memiliki titik lebur tinggi, sehingga bersifat tahan terhadap api, permukaan yang kokoh, tahan air, kedap terhadap suara, dan yang paling penting MgO tahan terhadap serangan jamur maupun bakteri bahkan dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan cukup baik (Klabunde, 2001).

Dari latar belakang masalah yang dikemukakan diatas, maka penulis ingin melakukan penelitian dalam upaya menghambat pertumbuhan bakteri pada Cat Tembok. Dengan ini penulis memakai *magnesium oxide* untuk melihat pengaruh dari efektivitasnya terhadap daya hambat pada pertumbuhan bakteri dengan menggunakan metode difusi cakram dalam evaluasi bakteri . Oleh sebab itu peneliti merancang penelitian dengan judul Pengaruh Penambahan MgO terhadap sifat Antibakteri pada Cat Tembok.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan masyarakat terhadap Cat Antibakteri atau Cat ramah lingkungan.
2. Bakteri *Escherichia Coli* yang tanpa disadari dapat membahayakan kehidupan sehari-hari.
3. Penambahan nanopartikel MgO yang memiliki efektivitas antibakteri.

C. Batasan Masalah

Untuk menjadikan penelitian ini lebih terfokus, maka perlu dilakukan beberapa batasan masalah, antara lain :

1. Nanopartikel yang digunakan pada penelitian ini yaitu MgO yang bersifat Antibakteri.
2. Waktu yang digunakan untuk sintesis MgO dan suhu yang tetap dijaga.
3. Variasi MgO yang akan ditambahkan yaitu 0%, 1%, 3%, dan 5% perbandingan berat serta 100% sebagai kontrol positif dan waktu inkubasi selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari.
4. Ukuran kertas cakram yang digunakan adalah 5 mm.
5. Metode yang digunakan untuk uji efektivitas antibakteri yaitu metode difusi cakram.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari identifikasi masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil karakterisasi MgO menggunakan instrument XRD dan FTIR ?
2. Bagaimana hasil karakterisasi Cat-MgO menggunakan instrument XRF dan SEM ?
3. Bagaimana pengaruh variasi MgO yang ditambahkan pada Cat dalam upaya menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia Coli* ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui hasil karakterisasi MgO menggunakan instrument XRD dan FTIR
2. Untuk mengetahui hasil karakterisasi Cat-MgO menggunakan instrument XRF dan SEM
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi MgO dalam upaya menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia Coli*

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi hasil karakterisasi MgO menggunakan instrument XRD dan FTIR
2. Memberikan informasi hasil karakterisasi Cat-MgO menggunakan instrumet XRF dan SEM
3. Memberikan informasi pengaruh variasi MgO dalam upaya menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia Coli*

BAB II KERANGKA TEORITIS

A. Cat Tembok



Gambar 1. Cat Tembok

Cat dinyatakan sebagai suatu materi dimana jika berada pada suhu kamar akan berbentuk fluida cair dan apabila dioleskan ke permukaan akan mengering dan membentuk lapisan padat. Cat tembok yang menggunakan pelarut air (*water based*) biasanya memakai prinsip polimerisasi emulsi dimana air merupakan fase pendispersinya, extender yang bersifat hidrofil adalah fase terdispersinya. Adapun kandungan utama cat yaitu aditif (5%), pelarut (15%), binder (35%), dan pigmen (45%) (Lusiana & Cahyanto, 2014).

Cat tembok adalah salah satu produk industri yang mempunyai peranan penting dalam sentuhan akhir bagi sebuah bangunan untuk meningkatkan kualitasnya terutama dalam hal dekoratif. Itulah sebabnya, fungsi utama cat yaitu untuk melapisi permukaan dinding ataupun benda lainnya sehingga nilai estetikanya meningkat, serta juga memperkuat dan melindungi permukaan dinding maupun benda lain yang dilapisi cat. Secara umum, proses pembuatan cat memakai teknologi yang berkaitan

dengan aplikasi teknologi kimia polimer dan kimia organik. Pada proses pembuatan cat memanfaatkan koloid, kimia permukaan, elektrokimia dan petrokimia (Rahman & Mulana, 2014).

Dalam proses pembuatan cat ada beberapa tahap yang harus dilalui, tahap pertama adalah *mill base* dimana pada tahapan ini terjadi pemecahan partikel dengan pengadukan berbasis kecepatan skala tinggi yang terdapat beberapa bahan yaitu aditif, pigmen, dan pelarut. Adapun tahap kedua yang dinamakan *let down*, proses pada tahapan ini terjadi penghomogenan berbasis kecepatan skala rendah menggunakan bahan tambahan yaitu aditif dan binder (Lusiana & Cahyanto, 2014).

Adapun bahan kimia yang terdapat dalam cat tembok antara lain karbonat (CaCO_3), PVAC (*Polyvinyl Acetate*), TiO_2 , pigmen, air, dan kaolin. Diantara bahan kimia tersebut CaCO_3 merupakan bahan utama didalam cat. Sedangkan kaolin adalah zat yang berperan dalam memberikan warna yang diinginkan. Selain kaolin, TiO_2 juga mempunyai peranan dalam pemberi warna putih pada cat dan untuk PVAC mengambil peran sebagai perekat bahkan juga bisa sebagai bahan pengental serta air yang berperan sebagai pelarut. Selain itu, adapun bahan dasar penyusun cat diantaranya filler (bahan pengisi), binder (bahan pengikat), bahan aditif, pigmen, serta pelarut. Namun, untuk memperoleh cat yang lebih tahan lama atau cat antibakteri perlu sedikit modifikasi dengan adanya penambahan logam oksida yang mempunyai keefektivitasan antibakteri sehingga nantinya dapat memaksimalkan daya hambat pada cat terhadap ketahanannya dari bakteri (Salthammer & Fuhrmann, 2007).

B. Magnesium Oxide

Dewasa ini, sebagian para ahli telah meneliti dalam upaya mengembangkan material komposit untuk menaikkan sifat material yang sangat unggul dan tepat. Diantaranya yaitu *magnesium oxide* (MgO). *Magnesium oxide* merupakan material padat higroskopis yang berwarna putih. Bahan ini mempunyai daya hantar panas yang stabil pada temperature tinggi, tidak mudah korosi pada temperature tinggi dan keberadaannya melimpah di alam (Sutisno, 2006).



Gambar 2. Magnesium Oxide

Dengan ciri khasnya menjadikan MgO populer dalam dunia industri dan teknologi. Sehingga para ahli melakukan berbagai prosedur dengan tujuan menjadikan MgO dengan ukuran yang lebih nanopartikel (10^{-9}m). Nanopartikel adalah bahan dengan komponen berukuran nanometer (nm). Dengan adanya partikel yang berukuran nano dapat menanggulangi berbagai persoalan ataupun permasalahan.

Ilmu nanoteknologi menyediakan alat yang menjanjikan untuk sintesis senyawa aktif baru dengan sifat unggul untuk menjadi aplikasi terobosan di berbagai sektor biomedis dan bioteknologi (Salem, 2020 dan Badawy, 2021). Di antara nanopartikel baru ini, nanopartikel magnesium oksida (MgO-NP) dicirikan oleh sifat optik, termal, mekanik, dan kimia

yang sangat baik. MgO-NP memiliki reaktivitas tinggi karena adanya pinggir yang sangat reaktif dan luas permukaan yang tinggi (Abinaya, et al., 2021). Oleh karena itu, MgO-NP memiliki berbagai aplikasi di berbagai bidang seperti pendukung katalis, produk pertanian, cat, produk superkonduktor, bahan antimikroba, perangkat fotonik, sensor, dan adsorben. Khususnya, MgO-NP memiliki sifat antibakteri terhadap mikroba berbahaya, misalnya, *S. aureus* dan *E. coli* (Jagadeeshan, et al., 2019). Selanjutnya, mereka dapat dimanfaatkan sebagai bahan adsorben karena efisiensi penyisihan yang tinggi. MgO-NP bertindak sebagai adsorben yang sangat baik untuk berbagai spesies kimia dan properti ini meningkat dengan penurunan ukuran MgO. Baru-baru ini, nanopartikel MgO telah mendapatkan popularitas dalam ilmu lingkungan karena sifatnya yang menarik dan intrinsik (Saravanathamizhan, et al., 2021).

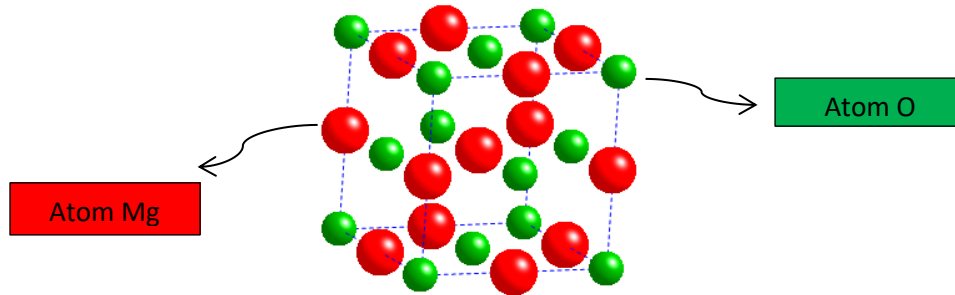
Tabel 1. Sifat Fisika dari MgO

No	Ciri khas	Value
1.	Bentuk Kristal	FCC
2.	Massa Jenis	3600 Kg.m ⁻³
3.	Wujud	Serbuk Padat
4.	<i>Boiling Point</i>	2830 °C
5.	<i>Melting Point</i>	3600 °C
6.	Warna	Putih

Secara umum, ciri khas yang dimiliki MgO yaitu wujudnya serbuk putih, tidak adanya bau, dan sangat halus. Salah satu keunggulan material ini adalah tahan panas karena memiliki titik lebur tinggi yaitu 3073 K dan massa jenisnya 3,58 g/cm³. MgO juga merupakan material penguat

terhadap serangan bakteri ataupun mempunyai daya hambat yang baik terhadap bakteri (Fajrin, 2008).

MgO tercipta dari ikatan ionic antara atom magnesium dengan atom oksida sehingga melambangkan bentuk struktur dari kristal FCC (Carp, 2004).



Gambar 3. Struktur Kristal MgO

C. Bakteri *Escherichia Coli*

Bakteri *E. coli* pertama kali ditemukan pada tahun 1885 oleh ilmuwan Escherich dengan keunikan yang mempunyai bentuk batang yang panjangnya 2 mm sedangkan diameternya 0,5 mm dengan volume sekitar 0,6-0,7 m³. Rentang temperatur 20-40 °C, bakteri ini masih dapat hidup dengan temperatur maksimal 37 °C.



Spesies : *Escherichia coli*
 Genus : *Escherichia*
 Family : *Enterobacteriaceae*
 Order : *Enterobacteriales*
 Class : *Gammaproteobacteria*
 Phylum : *Proteobacteria*
 Kingdom : *Eubacteria*
 Domain : *Bacteria*

Gambar 4. Morfologi dan Klarifikasi Escherichia Coli

Escherichia Coli adalah bakteri dengan wujud batang yang bersifat gram negatif, bakteri yang dapat hidup dengan sedikit oksigen, tidak menghasilkan spora (Yang dan Wang, 2014). Ada sebagian bakteri jenis ini membawa manfaat bagi manusia, contoh menghambat kolonisasi pada pencernaan. Tetapi, ada pula yang menghadirkan penyakit terhadap manusia yang dinamai bakteri *Escherichia Coli* patogen. Pada tahun 1935 bakteri *E. coli* mulai dikenal sebagai faktor terjadinya diare. Bakteri yang menyebabkan diare sering disebut *diarrheagenic E. coli* (DEC). Bakteri ini dibagi menjadi enam, diantaranya *diffusely adherent E. coli* (DAEC), *enteroinvasive E. coli* (EIEC), *enterotoxigenic E. coli* (ETEC), *enteroaggregative E. coli* (EAEC), *enterohemorrhagic E. coli* (EHEC), dan *enteropathogenic E. coli* (EPEC) (Kaper *et al.*, 2004).

E. coli yang disebabkan oleh keadaan lingkungan yang tidak signifikan, maka akan menciptakan ekspresi gen khusus, terjadinya perubahan morfologi sel pada bakteri, dan juga terjadi mutase adaptif. Hal ini diakibatkan karena faktor sigma spesifik yang disebut juga regulator. Gen tersebut terbagi menjadi gen regulon atau pengendali koordinasi yang mengutus protein agar bertanggung jawab pada proteksi sel (McClure, 2005). *E. coli* mempunyai sekitar 50 regulon dengan julukan *general stress response* (GSR) yang bertujuan dalam pertahanan sel akibat kekurangan nutrisi, tekanan osmotik, pH, stress oksidatif, dan panas (Hengge, 2011).

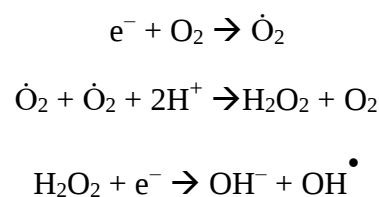
Jika jumlah bakteri *E. coli* pada manusia melimpah, maka akan menyebabkan diare. Hal yang paling menakutkan apabila bakteri ini

menyebarkan seluruh organ ataupun sistem dalam tubuh, maka akan terjadi infeksi. Salah satunya jika menyebar kebagian saluran kencing akan berakibat fatal yaitu terjadinya infeksi pada saluran kemih atau kencing (ISK). *E. coli* dengan tipe 0157:H7 mempunyai daya hidup hanya pada temperatur rendah dan suasana asam. Lihat saja kasus wabah bakteri di negara Jerman sekitar tahun 2013-2014 yang diduga merupakan bakteri dengan tipe 0157:H7. Maka perlu diperhatikan hal-hal kecil yang dapat membuat jumlah bakteri *E. coli* semakin meningkat. Salah satunya dengan memasak makanan sampai matang sempurna (Kaper *et al.*, 2004). Terutama jaga kebersihan pada area yang mudah dijadikan habitat oleh bakteri yaitu tempat-tempat lembap contohnya dinding kamar mandi ataupun area yang mudah mengalami kelembapan.

D. Efektivitas MgO terhadap Bakteri

Tentunya ion logam sangat penting dalam aksi antibakteri nanopartikel apapun karena mereka adalah agen biokimia aktif. Magnesium oksida mampu menghasilkan ion magnesium lebih mudah daripada oksida logam konvensional lainnya seperti ZnO atau CuO karena MgO adalah senyawa ionik murni sedangkan yang lain adalah campuran senyawa ionik dan kovalen. Ada beberapa teori mengenai mekanisme antibakteri MgO, tetapi generasi *reactive oxygen species* (ROS) adalah mekanisme utama. Anion superoksida, dan radikal hidroksil bersama dengan ROS lainnya dihasilkan pada bakteri karena respirasi aerobik (P. Bhattacharya, *et al.*, 2021). Dalam pertahanan, bakteri menghasilkan enzim seperti superoksida dismutase, katalase atau protein seperti thioredoxin

yang diketahui dapat menetralkan ROS yang dihasilkan. Namun, ketika jumlah ROS yang berlebihan dihasilkan karena adanya MgO, enzim tidak dapat menetralkannya, sehingga menyebabkan banyak stres oksidatif pada bakteri, dan oleh karena itu menyebabkan nekrosis sel. Mekanisme antibakteri non-ROS lainnya termasuk kerusakan membran seluler oleh nanopartikel. Nanopartikel karena muatan permukaan positifnya, mengikat secara elektrostatik ke membran sel bakteri, mendistorsi membran, membocorkan materi sitoplasma dan akhirnya menyebabkan kematian sel. Magnesium, juga merupakan logam alkali tanah, dapat dengan mudah melepaskan 2 elektron dan elektron ini membantu dalam pembentukan ROS (S. Kumari, et al., 2018) seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut :



Aktivitas MgO-NP yang disintesis secara biologis untuk menghambat pertumbuhan bakteri Gram-positif patogen yang diwakili oleh *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, bakteri Gram-negatif termasuk *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Escherichia coli*, dan jamur uniseluler *Candida albicans* dipelajari oleh sumur agar metode difusi. Analisis varian menunjukkan bahwa aktivitas antimikroba MgO-NP terhadap mikroba patogen yang dipilih tergantung pada konsentrasi : aktivitas meningkat dengan meningkatkan konsentrasi NP. Data yang diperoleh kompatibel dengan investigasi yang dipublikasikan tentang

hubungan antara aktivitas NP dan konsentrasinya (Aref, et al., 2020 dan Fouda, et al., 2021).

Konsentrasi hambat minimum (KHM) didefinisikan sebagai konsentrasi terendah dari zat aktif yang menghambat pertumbuhan mikroba. Penting untuk mendeteksi nilai MIC (*Minimum Inhibitory Concentration*) untuk senyawa aktif terhadap mikroba patogen terutama jika senyawa ini diintegrasikan ke dalam aplikasi biomedis. Efek penghambatan MgO-NP biogenik dapat dikaitkan dengan mekanisme yang berbeda seperti (1) memproduksi spesies oksigen reaktif (ROS), (2) interaksi antara MgO-NP dan dinding sel mikroba yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel, (3) pelepasan ion Mg^{2+} ke dalam sel, dan (4) efek basa MgO pada sel mikroba. Dalam studi saat ini, Gram-negatif *P. aeruginosa* adalah mikroorganisme yang paling sensitif terhadap biosintesis MgO-NP, dan fenomena ini dapat dikaitkan dengan perbedaan struktur dinding sel antara bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Selain itu, MgO-NP dapat menghentikan alat komunikasi, yaitu penginderaan kuorum antara tekanan mikroba, dan karenanya fungsi fisiologis dan berbagai aktivitas mikroba gagal dilanjutkan (Chiddarwar, et al., 2020 dan Wong, et al., 2020).

E. XRD (*X-Ray Diffraction*)



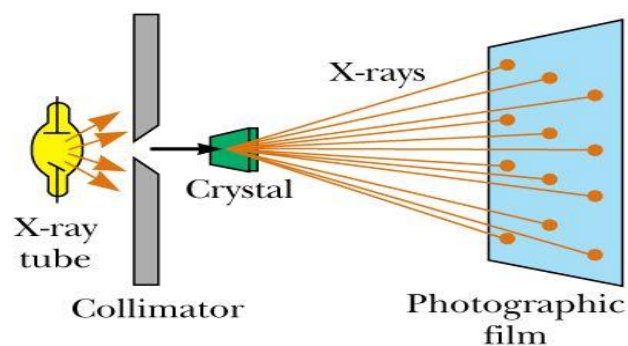
Gambar 5. X-Ray Diffraction

X-Ray Diffraction adalah sebuah teknik yang dipakai dalam mencari tahu adanya fasa kristalin didalam serbuk, serta mengidentifikasi sifat struktur antaranya ukuran butir, fasa komposisi orientasi kristal, *stress*, dan adanya cacat kristal pada setiap fasa. Prosedur ini memakai sinar-X yang direfleksikan dari seluruh bidang secara bertahap-tahap. Proses ini dibentuk oleh atom-atom kristal dari suatu partikel. Dari berbagai sudut yang muncul, setiap pola difraksi yang terbentuk merupakan karakteristik dari partikel.

Peralatan yang digunakan pada penelitian yang dilakukan oleh (Munasir et al., 2012) adalah XRD (merk Philips), yang mana sumber pancaran sinar yang dipancarkan Cu Ka dicetakkan pada kertas dan menghasilkan hasil data informasi. lalu dengan kartu JCPDS (*Joint Committee Powder Diffraction Standard*) data difraksi sinar-X daripada sampel kemudian dibandingkan. Dari hasil difraksi sinar X yang menghasilkan intensitas dan sudut difraksi, dianalisa untuk menentukan jenis struktur kristalnya dengan mencocokkan pada data ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*) pada sampel yang diuji. Pada metode difraksi,

hukum Bragg harus dipenuhi, karena itu perlu diatur orientasi kristal terhadap berkas datang. Metode difraksi sinar X dapat dibedakan menjadi :

(1) Metode kristal tunggal. Metode ini berfungsi untuk menentukan struktur kristal, dalam ini dipakai berbentuk kristal tunggal. (2) Metode serbuk/bubuk (*powder method*). Bahan sampel pada metode ini dibuat berbentuk serbuk, sehingga terdiri banyak kristal yang sangat kecil dan orientasi tidak perlu diatur lagi karena semua orientasi bidang telah terdapat pada sampel dengan demikian hukum Bragg dapat dipenuhi. Metode lebih cepat dan lebih sederhana dibandingkan dengan metode kristal tunggal. Metode serbuk ini dapat digunakan untuk menganalisa bahan apa yang terkandung di dalam suatu sampel juga dapat ditentukan secara kuantitatif.



Gambar 6. Pola Difraksi Sinar-X

Pada penelitian ini dipergunakan metode serbuk. Informasi yang dapat diperoleh dari data difraksi sinar X ini yaitu: (1) Posisi puncak difraksi memberikan gambaran tentang parameter kisi (a) jarak antar bidang, struktur kristal dan orientasi dari sel satuan; (2) intensitas relatif puncak difraksi memberikan gambaran tentang posisi atom dalam sel

satuan; (3) bentuk puncak difraksi memberikan gambaran tentang ukuran kristalit dan ketidaksempurnaan kisi dengan persamaan rumus:

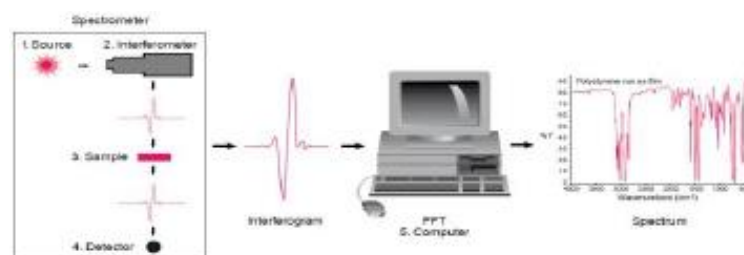
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Dimana d merupakan ukuran kristal dalam nanometer, K merupakan konstanta Scherrer, λ merupakan panjang gelombang dari berkas sinar-X yang datang, β lebar merupakan penuh pada setengah intensitas maksimum puncak refleksi (Hayle, 2014).

F. FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Fourier Transform infrared (FTIR) adalah suatu metoda pengukuran yang dilakukan dengan mendeteksi struktur suatu molekul senyawa dengan cara mengidentifikasi gugus fungsi yang menyusun senyawa tersebut. Metoda FTIR ini tidaklah rumit, persiapan sampel bisa dalam bentuk padat, cair, ataupun gas. Teknik *Fourier Transform Infrared* (FTIR) digunakan untuk memperoleh suatu spektrum inframerah tranmisi, menyerap suatu sampel untuk mengidentifikasi senyawa organik didalam sampel yang akan diuji, pengidentifikasi ini dilakukan dengan gugus fungsi yang berbeda (Dowais, et al., 2021).

Pengukuran pada FTIR ini dilangsungkan pada wilayah cahaya tengah (mid-infrared) dengan λ berkisar 2,5-50 μm (4000-200 cm^{-1}).



Gambar 7. Skema Kerja FTIR

Identifikasi gugus fungsi yang menyusun senyawa merupakan suatu basis dari interpretasi spektrum IR. Contohnya pada regangan O - H memberikan serapan pita kuat pada wilayah 3350 cm^{-1} .

Tabel 2. Daftar bilangan gelombang berbagai jenis ikatan

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Jenis Ikatan
$3750\text{ cm}^{-1} - 3000\text{ cm}^{-1}$	Regangan O - H, N - H
$3000\text{ cm}^{-1} - 2700\text{ cm}^{-1}$	Regangan $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, C-H aldehyd
$2400\text{ cm}^{-1} - 2100\text{ cm}^{-1}$	Regangan $-\text{C} \equiv \text{C}$, $\text{C} \equiv \text{N}$
$1900\text{ cm}^{-1} - 1650\text{ cm}^{-1}$	Regangan C = O (asam, aldehyd, keton, ester, amida, anhidrida)
$1675\text{ cm}^{-1} - 1500\text{ cm}^{-1}$	Regangan C = C, C = N
$1475\text{ cm}^{-1} - 1300\text{ cm}^{-1}$	C - H bending
$1300\text{ cm}^{-1} - 1080\text{ cm}^{-1}$	Stretching C-O
$1000\text{ cm}^{-1} - 650\text{ cm}^{-1}$	C = C - H, Ar - H bending

G. XRF (X-Ray Fluorescence)



Gambar 8. X-Ray Fluorescence

Prinsip kerja dari *X-Ray Fluorescence* merupakan karakterisasi dengan cara kerja analisa yaitu non-destruktif yang berfungsi untuk menentukan komposisi unsur dalam material, dimana sampel yang diuji berupa padatan, bubuk, ataupun cairan.

Untuk analisis *X-Ray Fluorescence* menggunakan sinar-X yang mempunyai energi tinggi agar mampu melawan elektron yang terdapat

pada energi rendah suatu sampel sehingga elektron dapat membuat perubahan dalam melengkapi posisi elektron tereksitasi, dan disertai transmisi ulang dari sinar-X karakteristik dengan energi paling rendah (Setiabudi, 2012).

H. SEM (*Scanning Electron Microscope*)



Gambar 9. Scanning Electron Microscope

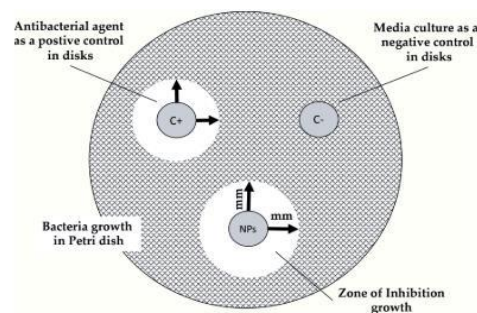
SEM merupakan instrumen canggih yang dapat memperoleh gambar visual rimci dari suatu partikel dengan kualitas tinggi dan resolusi spasial 1 nm. Selain itu, instrumen ini juga dapat memberikan jenis elemen dan senyawa yang berupa sampel dan rasio relatif beserta pengaturan atom pada partikel kristal tunggal sekaligus derajat keteraturannya.

Prinsip kerja dari instrumen ini yaitu sampel ditembak menggunakan elektron dengan energi tinggi kemudian elektron/sinar-X yang dihasilkan dianalisis. Adapun hasil dari elektron/sinar-X yaitu memberikan informasi mengenai morfologi, topografi, komposisi, orientasi butir, informasi kristalografi, dan informasi lainnya dari suatu material. Dimana topografi menunjukkan tampilan, tekstur, kehalusan atau kekasaran suatu objek. Sedangkan morfologi menunjukkan bentuk dan

ukuran. Lain dari itu, komposisi menunjukan unsur dan senyawa yang berperan dalam menyusun bahan, dan ada juga kristalografi yang menunjukan susunan atom dalam bahan (Akhtar et al., 2018).

I. Metode Difusi Cakram

Metode difusi cakram adalah suatu metode pengujian yang paling sederhana dan efektif dalam hal agen antibakteri yang bisa diuji. Prosedur metode ini yaitu kertas cakram yang telah dicelupkan kedalam sampel yang berisi agen antibakteri kemudian diletakkan diatas permukaan media agar yang telah disebarkan bakteri didalamnya, setelah itu lakukan penginkubasian selama 1 hari sampai 3 hari, dan langkah selanjutnya amati ada tidaknya zona hambat yang terbentuk disekitar kertas cakram. Apabila terbentuk, ukur diameternya menggunakan jangka sorong (Tenover, 2015).



Gambar 10. Ilustrasi metode difusi cakram

Dalam metode ini terdapat kontrol positif dan kontrol negatif dimana kontrol positif berperan sebagai pembanding kinerja dari antibakteri, sedangkan kontrol negatif untuk mengetahui pengaruh sampel tanpa agen antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri uji (Maryani et al., 2020).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh Penambahan MgO pada Cat Tembok dengan waktu inkubasi 1 hari (tanpa sonikasi) tidak terbentuk zona hambat bakteri, pada inkubasi 2 hari (melalui sonikasi) dan inkubasi 3 hari (melalui sonikasi) didapatkan hasil yang lebih signifikan.
2. Hasil karakterisasi MgO dengan XRD diperoleh kristal berbentuk kubik dan hasil FTIR menunjukkan vibrasi Mg-O pada bilangan gelombang $527,25\text{ cm}^{-1}$, $480,97\text{ cm}^{-1}$, $467,84\text{ cm}^{-1}$, dan $422,58\text{ cm}^{-1}$. Hasil karakterisasi XRF menunjukkan komposisi MgO didalam cat sebesar 24,01% berfungsi sebagai agen antibakteri dan hasil SEM menunjukkan bahwa tidak ada reaksi yang terjadi antara cat dengan MgO.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan disarankan :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut menggunakan konsentrasi yang lebih tinggi dari nanopartikel yang digunakan sebagai agen antibakteri untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
2. Memilih dan menggunakan instrument yang tepat dalam uji karakteristik sampel /bahan yang digunakan agar diperoleh data yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kurniawan, M. Nizar, M. Rijal, R. Bagas, and W. Setyarsih, "Studi pengaruh variasi suhu kalsinasi terhadap kekerasan bentuk morfologi, dan analisis porositas nanokomposit Cao/Sio₂ untuk aplikasi bahan biomaterial," *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, vol. 4, no. 2, pp. 22-26, 2014.
- Abdassah, M., 2015. Nanopartikel dengan Gelasi Ionik. *Farmaka*, Vol. 15, 8
- Abinaya, S.; Kavitha, H.P.; Prakash, M.; Muthukrishnaraj, A. Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles and its applications: A review. *Sustain. Chem. Pharm.* 2021, 19, 100368.
- Akhtar, K., Khan, S. A., Khan, S. B., & Asiri, A. M. (2018). Scanning electron microscopy: Principle and applications in nanomaterials characterization. In *Handbook of Materials Characterization*.
- Aref, M.S.; Salem, S.S. Bio-callus synthesis of silver nanoparticles, characterization, and antibacterial activities via *Cinnamomum camphora* callus culture. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 2020, 27, 101689.
- Badawy, A.A.; Abdelfattah, N.A.H.; Salem, S.S.; Awad, M.F.; Fouda, A. Efficacy Assessment of Biosynthesized Copper Oxide Nanoparticles (CuO-NPs) on Stored Grain Insects and Their Impacts on Morphological and Physiological Traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Plant. *Biology* 2021, 10, 233.
- Brushwell, W., 1973. Painting and Decorating Enclyclopedia. The Goodfather Willcox Co. Inc. South Holland.
- Cahyadi, D., & Puspita, D. F. (2019). Pengembangan Formulasi Cat Tembok Emulsi Berbahan Acrylic Untuk Meningkatkan Daya Saing Ikm. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 4(1), 1.
- Cahyadi, D., & Puspita, D. F. (2019). Pengembangan Formulasi Cat Tembok Emulsi Berbahan Acrylic Untuk Meningkatkan Daya Saing Ikm. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.37209/jtbbt.v4i1.40>
- Carp, O., C. L. (2004). "Photoinduced Reactivity of Titanium Dioxide." Elsevier : Germany: 33-177.
- Chiddarwar, S. Novel Approaches of Magnesium Oxide Nanoparticles in MIC, MBC, Antibiofilm and Antimicrobial Activities against Bacteria, Yeast and Biofilms. In Proceedings of the MBC, Antibiofilm and Antimicrobial Activities against Bacteria, Yeast and Biofilms, Hyderabad, India, 19 February 2020.