

PENGARUH PENAMBAHAN ZnO TERHADAP SIFAT ANTIBAKTERI
PADA SEMEN *PORTLAND*

SKRIPSI

sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar

Sarjana Sains



RANDY TRAFINO

18036071

KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN ZnO TERHADAP SIFAT ANTIBAKTERI PADA SEMEN *PORTLAND*

Nama : Randy Trafino
NIM : 18036071
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

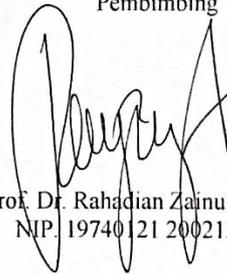
Padang, 7 Juni 2022

Mengetahui
Ketua 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 200212 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

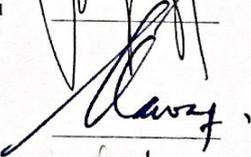
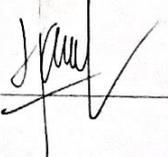
Nama : Randy Trafino
NIM : 18036071
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PENGARUIH PENAMBAHAN ZnO TERHADAP SIFAT ANTIBAKTERI
PADA SEMEN *PORTLAND***

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

Padang, 7 Juni 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Prof. Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si	
Anggota	: Dr Mawardi, M.Si.	
Anggota	: Dr. Hardeli, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

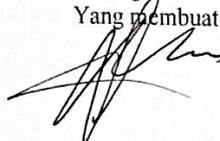
Nama : Randy Trafino
NIM/TM : 18036071 / 2018
Tempat/Tanggal Lahir : Padang / 06 Februari 2000
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Komplek Perumahan Unand D4, Gadut, Padang
No. HP/Telp : 087894571166
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan ZnO Terhadap Sifat Antibakteri pada Semen *Portland*

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, 7 Juni 2022
Yang membuat pernyataan



Randy Trafino
NIM. 18036071

Pengaruh Penambahan ZnO Terhadap Sifat Antibakteri pada Semen *Portland*

Randy Trafino

ABSTRAK

Dewasa ini kebutuhan akan semen meningkat seiring dengan kebutuhan masyarakat dalam infrastruktur bangunan, namun terdapat beberapa hal yang belum disadari masyarakat akan komposisi semen selain ketahanan dan kekokohan yang mana berhubungan dengan kesehatan pada masyarakat itu sendiri, salah satunya adalah sifat antibakteri yang diperlukan pada semen. Penelitian kali ini dilakukan evaluasi sifat Antibakteri dengan semen yang digunakan yaitu Semen *Portland* dengan bakteri *Escherichia coli* sebagai bakteri pengevaluasi, evaluasi bakteri dilakukan dengan metode TPC yaitu *Total Plate Count*, evaluasi dilakukan dengan variasi ZnO pada Semen *Portland* yaitu 0%, 1%, 3% dan 5% yang mana evaluasi berasal dari aktifnya ROS pada ZnO, untuk dapat meninjau kinerja aktif dari ROS dapat dilakukan dengan bantuan sinar UV dan tanpa bantuan sinar UV. Disamping itu dilakukan karakterisasi dengan XRD yang bertujuan untuk mengetahui ukuran nanopartikel dari ZnO dan jenis kristal yang terbentuk, disamping itu juga dilakukan karakterisasi dengan SEM untuk melihat bentuk dari struktur ZnO yang tertanam pada Semen *Portland*, karakterisasi SEM dilakukan dengan perbesaran 1.000x, 2.500x, 5.000x dan 10.000x perbesaran.

Kata kunci: ZnO, Semen *Portland*, *Escherichia coli*, Antibakteri, *Total Plate Count*.

Influence of ZnO on the Antibacterial Properties of Portland Cement

Randy Trafino

ABSTRACT

Nowadays the cement demand is increasing along with public demand in building infrastructure, but there are several things that the people has not realized about the composition of cement besides its resilience and sturdiness which is related to the public health, one of which is the antibacterial properties needed in cement. This study evaluates the antibacterial properties of the cement used is Portland Cement, with *Escherichia coli* bacteria as the evaluating bacteria, the evaluation of bacteria is carried out by the TPC method, namely Total Plate Count, the evaluation is carried out with variations of ZnO in Portland Cement is 0%, 1%, 3% and 5% where the evaluation comes from the active ROS in ZnO, to be able to review the active performance of ROS can be done with the help of UV light and without of UV light. Besides that, characterization was carried out using XRD which aims to determine the nanoparticle size of ZnO and the type of crystal formed, besides that, morphological analysis characterization was also carried out with SEM to see the shape of the ZnO structure embedded in Portland Cement, SEM characterization was carried out with magnifications of 1000x, 2.500x, 5,000x and 10,000x magnification.

Keyword: ZnO, Portland Cement, *Escherichia coli*, Antibacterial, Total Plate Count.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian yang berjudul “PENGARUH PENAMBAHAN ZnO TERHADAP SIFAT ANTIBAKTERI PADA SEMEN *PORTLAND*”

Selama penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapat dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si. sebagai dosen pembimbing dan sekaligus penasehat akademik.
2. Bapak Dr. Mawardi, M.Si dan Bapak Dr. Hardeli, M.Si sebagai dosen pembahas
3. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D. sebagai Ketua Departemen Kimia dan Ketua Prodi Kimia Departemen Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
4. Bapak/Ibu Staf Pengajar, Laboran dan Karyawan Urusan Departemen Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Orang tua penulis yang telah memberi dukungan kepada penulis.
6. Teman-teman Kimia 2018 yang selalu mendorong dan memberi stimulus positif kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini.

Semoga bantuan, dukungan dan semangat yang Bapak/Ibu dan teman-teman berikan membawa hal baik dan menjadi amal baik serta semoga memperoleh balasan yang lebih baik dari Allah SWT.

Penulis menyadari proposal ini jauh dari kata kesempurnaan oleh karena itu penulis membuka kritik dan saran dari berbagai pihak agar proposal ini dapat lebih sempurna dan berguna untuk kemajuan Ilmu Pengetahuan.

Padang, 10 Mei 2022

Randy Trafino

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	7
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. Semen Portland	9
1. Definisi	9
2. Proses Pengolahan.....	12
3. Sifat Fisika dan Kimia Semen <i>Portland</i>	14
B. <i>Zinc Oxide</i>	17
1. Definisi	17
2. Bentuk Struktur	18
3. Sifat Antibakteri	19
C. <i>Escherichia coli</i>	20
D. Efek Antibakteri ZnO Terhadap <i>Escherichia coli</i>	23
1. Bahan Nanopartikel ZnO.....	23
2. Tes Antibakteri	25

3. Hasil Efek Antibakteri ZnO.....	25
E. <i>X-Ray Diffraction</i>	27
F. <i>Scanning Electron Microscope</i>	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
B. Objek Penelitian.....	30
C. Variabel Penelitian.....	30
D. Alat dan Bahan.....	30
E. Prosedur Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Sintesis ZnO.....	35
B. Proses <i>Mixing</i> Semen-ZnO.....	37
C. Pengaplikasian Semen-ZnO terhadap bakteri <i>Escherichia coli</i>	40
1. Aplikasi Semen-ZnO dengan bantuan sinar UV.....	40
2. Aplikasi Semen-ZnO tanpa bantuan sinar UV.....	44
D. Uji Karakteristik Semen-ZnO instrumen XRD.....	48
E. Uji karakteristik Semen-ZnO instrumen SEM.....	50
BAB V PENUTUP.....	51
A. Kesimpulan.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Produk <i>Portland Cement</i>	2
Gambar 2. Transformasi Bahan Mentah Menjadi Klinker.....	11
Gambar 3. Proses Basah Pembuatan Semen	12
Gambar 4. Proses Kering Pembuatan Semen <i>Portland</i>	14
Gambar 5. <i>Zinc Oxide</i>	17
Gambar 6. Model Struktur ZnO	18
Gambar 7. Struktur Bakteri <i>Eschericia coli</i>	20
Gambar 8. Pengaruh Variasi Konsentrasi ZnO Terhadap Koloni bakteri	26
Gambar 9. Difraksi sinar X terhadap bidang atom	27
Gambar 10. Instrumen XRD	29
Gambar 11. Instrumen SEM	30
Gambar 12. Campuran larutan dengan pH dijaga 12.....	35
Gambar 13. Bubuk ZnO murni hasil sintesis	36
Gambar 14. Proses skema metode pendispersi bahan nano dalam preparasi komposit berbasis semen.....	38
Gambar 15. Mekanisme ROS	39
Gambar 16. Kurva Hasil Evaluasi Semen-ZnO bantuan sinar UV	41
Gambar 17. Hasil evaluasi bakteri bantuan sinar UV	42
Gambar 18. Hasil evaluasi bakteri tanpa bantuan sinar UV	46
Gambar 19. Kurva Hasil Evaluasi Semen-ZnO tanpa sinar UV	46
Gambar 20. Pola XRD Semen-ZnO	48
Gambar 21. Gambaran Semen-ZnO dengan instrumen SEM.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Notasi Kimia Semen <i>Portland</i>	13
Tabel 2. Sifat Kimia Semen <i>Portland</i>	16
Tabel 3. Hasil Evaluasi Semen-ZnO bantuan sinar UV	41
Tabel 4. Hasil Evaluasi Semen-ZnO tanpa bantuan sinar UV	45
Tabel 5. Perhitungan Kristalin ZnO dan Semen Portland....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Sintesis ZnO nps	58
Lampiran 2. Proses Mixing Semen-ZnO	59
Lampiran 3. Pembuatan Media NA.....	59
Lampiran 4. Proses Kontak Bakteri dengan Sampel Semen-ZnO	60
Lampiran 5. Proses Pengaplikasian pada Bakteri	60
Lampiran 6. Desain Penelitian	62
Lampiran 7. Perhitungan.....	63
Lampiran 8. Tabel Data Kristal XRD.....	67
Lampiran 9. Tabel Data Koloni ditemui.....	68
Lampiran 10. Difaktogram XRD sampel Semen-ZnO	70
Lampiran 11. Gambar SEM sampel Semen-ZnO	71
Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian	72
Lampiran 13. Anggaran Biaya	75

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dewasa ini nanopartikel memiliki peranan yang sangat penting. Peranan nanopartikel teraplikasi pada bidang elektronik, kosmetik, industri makanan, pertanian, maupun bahan bangunan (terutama yang berbahan dasar semen komposit). Produksi semen komposit (mortir semen dan beton) adalah salah satu cabang terpenting dalam bahan bangunan. Salah satu bentuk dari semen komposit adalah semen *Portland*. Pada tahun 2012 menunjukkan bahwa pasar dunia untuk semen *Portland* dapat mencapai 3,6 miliar metrik ton per tahun dan dapat diperkirakan volumenya akan mencapai sekitar 5 miliar metrik ton pada tahun 2030 (Sikora et al., 2018).

Semen *Portland* merupakan produk industri yang memiliki bahan baku utama batu gamping. Batu kapur ini dicampur dengan tanah liat dan bahan alternatif lainnya, lalu kemudian dapat dihasilkan semen bubuk. Batu kapur atau batu gamping yaitu bahan alam yang memiliki senyawa kalsium oksida (CaO), berbeda dengan tanah liat, tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa silikon oksida (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃), oksida besi (Fe₂O₃), dan magnesium oksida (MgO). Dalam produksi semen, bahan baku dibakar hingga meleleh dan ditambahkan gipsium dalam jumlah tertentu. Bahan dasar Semen dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: 1. Klinker 70%-95%, merupakan hasil olahan pembakaran batu gamping, pasir silika, pasir besi, dan tanah liat, 2. Gypsum sekitar 5%, digunakan sebagai *retarder*

dan 3. Bahan ketiga, seperti batu kapur, *pozzolan*, *fly ash*, dll (Zhu et al., 2021).



Gambar 1. Produk Portland Cement

Kemajuan material berbasis semen fungsional merupakan salah satu hal yang baru, salah satunya dengan membuat bahan campuran baru pada semen yang berfungsi sebagai antibakteri. Semen salah satu bahan utama dalam membuat bangunan yang memiliki fungsi sebagai perekat. Pada sebagian besar semen memiliki struktur yang rapuh, penuh rongga kapiler, dengan ruang berpori. Dikarenakan itu, dalam jangka waktu tertentu dan cuaca yang cenderung susah untuk diprediksi, pengaruh curah hujan dan kondisi yang keras seperti suhu normal memungkinkan siklus pembekuan dan pencairan rembesan air mulai terjadi pada struktur semen, intrusi air jangka panjang ke dalam struktur semen akan dipercepat dan struktur secara bertahap membusuk. Selain intrusi air, waktu yang lama akan menyebabkan kelembapan yang memprovokasi infeksi mikroba seperti bakteri, jamur, dan serangga di permukaan dari struktur semen. Infeksi mikroba yang menyebar menimbulkan efek yang berbahaya pada lingkungan dan menimbulkan penyakit kesehatan yang merugikan seperti

gejala saluran pernapasan atas (hidung dan tenggorokan), batuk, meningitis, dan asma (Singh et al., 2018).

Diketahui bahwa material ZnO menunjukkan efisiensi antimikroba yang lebih baik dengan stabilitas fotokimia yang baik. Efisiensi antimikroba ini sangat terkait dengan superhidrofobisitas ZnO dan daya oksidasinya yang besar. Di dalam iradiasi matahari, ZnO dapat menghasilkan pasangan elektron lubang dalam sistem berair yang menghasilkan spesies oksigen reaktif (ROS) beracun dan ampuh untuk kematian bakteri. Dengan beberapa mekanisme kematian pada mikroba diantaranya yaitu kerusakan membran sel, peroksidasi lipid, dan degradasi asam nukleat. Keuntungan atau manfaat lain dari ZnO yaitu: a) memiliki stabilitas yang tinggi di bawah media asam dan basa, b) keamanan hayati, c) tidak beracun secara ekologis, d) aman bagi lingkungan dan e) relatif biaya rendah (Singh et al., 2018).

Para peneliti (Rompis et al., 2020) melakukan doping atau mencampur beberapa bahan dari nanopartikel yang mana berfungsi untuk meningkatkan kualitas dari bahan tersebut, yang mana campuran nanopartikel tersebut dinamakan nanokomposit, Pada era sekarang ini nanopartikel menunjukkan keunggulan dibandingkan dengan bahan tradisional. Selain peran kunci dalam mengurangi dampak negatif lingkungan, nanopartikel digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan karakteristik produk (Shafeek et al., 2020).

Nanopartikel ini dapat dibagi menjadi dua kelompok, jenis organik dan anorganik, menurut sumbernya. Misalnya, nanopartikel logam dan

oksida logam (MNPs/MONPs) seperti Ag, Cu, CuO, ZnO, TiO₂, Fe₃O₄, MgO NP terletak di nanopartikel anorganik. Dalam hal ini, aktivitas antimikroba, antikanker, antidiabetes, dan penyembuhan luka dari ZnO NP ditunjukkan oleh banyak penelitian. Antibakteri yang teraplikasikan pada nanokomposit dapat dibuktikan efisien terhadap *Escherichia coli*, hal ini menunjukkan bahwa sifat nanopartikel memiliki sifat antibakteri yang lebih kuat dibandingkan sifat logamnya (Alavi & Nokhodchi, 2020).

Aktivitas antibakteri nanopartikel logam telah berkorelasi dengan ukurannya yang kecil dan rasio permukaan ke volume yang luas, mendorong mereka untuk berinteraksi langsung dengan membran bakteri (Menazea, 2020).

Melakukan sintesis nanokomposit ZnO dan uji efektivitasnya sebagai antibakteri pada bakteri *Escherichia coli*. Untuk mensintesis nanokomposit ZnO dilakukan dengan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi merupakan metode yang dimanfaatkan untuk dapat mengambil partikel kecil nano ZnO. (Rompis et al., 2020).

Sintesis ZnO yang dilakukan oleh (Singh et al., 2018) adalah dengan teknik kopresipitasi konvensional yang mana bertujuan mensintesis serbuk nanopartikel ZnO dengan jumlah yang telah diatur. Senyawa seng nitrat [$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, (Merk, 99,0%)] dari larutan 0,2 M diambil dari gelas kimia, lalu menambahkan larutan encer NaOH 4 M tetes demi tetes dengan pengadukan konstan sampai menyentuh pH 12 dari presipitasi yang tercapai. Penyaringan, setelah dilakukan proses penyaringan maka endapan yang terbentuk dicuci beberapa kali dengan air

suling dan diikuti beberapa tetes aseton barulah terbentuk bubuk putih, lalu bubuk putih dikeringkan dengan oven bersuhu 180°C selama 24 jam dalam oven.

Melakukan persiapan 4 cawan petri yang berisi komposit semen, yang mana dalam 4 komposit tersebut ditambahkan ZnO dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% oleh berat. Selama melakukan persiapan pelet komposit, pertama, (Singh et al., 2018), mencampur ZnO dan semen putih dalam jumlah yang sesuai dengan menjaga berat total campuran 1 gram. Untuk pencampuran homogen, campuran ZnO dan semen putih mengalami pencampuran yang ketat dengan menggunakan mortar dan alu. Ditambahkan sedikit air sehingga terbentuk pasta halus pada komposit, hal ini sesuai dengan pernyataan (Munawar et al., 2020) bahwa sifat fisik nanokomposit dipengaruhi oleh perubahan komposisi kimia, ukuran kristal dan volume fase penyusunnya.

Sebelum itu bubuk ZnO yang sudah dioven tersebut dikarakterisasi dengan XRD menurut (Bùi, 2019) didapatkan hasil pola XRD nanopartikel ZnO. Semua puncak difraksi XRD dari serbuk ZnO ditunjukkan dalam kesesuaian yang baik dengan struktur heksagonal fase sengit yang dilaporkan dalam Kartu File JCPDS No.05-0664. tidak ditemukan puncak pengotor yang diamati, hal ini memberikan informasi bahwa ZnO dengan kemurnian yang tinggi telah diperoleh. Melakukan penghitungan ukuran partikel menggunakan rumus Debye–Scherrer, $D = 0.94\lambda / (\beta \cos\theta)$, di mana λ merupakan panjang gelombang sinar-X, β merupakan lebar puncak setengah maksimum, dan θ adalah sudut difraksi Bragg. Ukuran kristal

rata-rata D adalah 10 nm yang dihitung menggunakan rumus Debye-Scherrer.

Melakukan uji bakteri yang mana campuran sampel disiapkan dan ditimbang dengan berat masing-masing yaitu 0,5 g. Harus dipastikan sebelum melakukan uji bakteri semua alat dan bahan disterilisasi, dilakukan sterilisasi menggunakan *autoclave* menggunakan uap air jenuh bertekanan 15 psi dengan suhu 121°C , lalu disiapkan kertas filter yang sebelumnya telah melalui sterilisasi dan diletakkan pada wadah petri yang sebelumnya telah diberikan kultur bakteri *Escherichia coli*, kemudian sampel tersebut diletakkan pada bagian tengahnya, lalu petri ditutup dan diinkubasi selama 2 hari pada suhu ruangan 26°C (Fatmawati et al., 2018).

Reaksi yang terjadi yaitu kehadiran ZnO dalam sistem bakteri aktif dapat meningkatkan spesies oksigen reaktif (ROS), yang menyebabkan penurunan aktivitas nitrat reduktase. Studi lebih lanjut mengungkapkan bahwa ZnO secara substansial menghambat ekspresi gen dan aktivitas katalitik enzim denitrifikasi. Oleh karena itu, keberadaan ZnO NP secara signifikan menghambat kinerja denitrifikasi secara keseluruhan (Ma et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang dan beberapa permasalahan yang muncul terutama efek bakteri itu sendiri terhadap kesehatan masyarakat maka peneliti mengambil judul penelitian Pengaruh ZnO terhadap sifat antibakteri pada semen *Portland*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Banyaknya bakteri *Escherichia coli* berbahaya yang tidak disadari masyarakat.
2. Kebutuhan masyarakat terhadap semen antibakteri.
3. Bakteri *Escherichia coli* yang sering dijumpai pada dinding kamar mandi, toilet dan sumur.
4. Penambahan nanopartikel ZnO yang bersifat antibakteri.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan masalah tersebut maka batasan masalah didapatkan sebagai berikut :

1. Penggunaan nanopartikel ZnO yang bersifat antibakteri.
2. Waktu dan suhu yang digunakan untuk sintesis ZnO .
3. Variasi ZnO yang ditambahkan yaitu 0%, 1%, 3%, dan 5% ratio berat.
4. *Escheria coli* (JM 109, Promega, Gram Negatif) dipilih sebagai anggota kelas prototipikal untuk mengevaluasi efek antimikroba.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil karakterisasi sintesis ZnO menggunakan instrumen XRD?

2. Bagaimana pengaruh variasi ZnO yang ditambahkan pada semen Portland terhadap efek antibakteri pada koloni bakteri *Escherichia coli*?
3. Bagaimana pengaruh sifat antibakteri pada Semen-ZnO dibawah sinar UV (*Under UV*) dan tanpa sinar UV (*Under Dark*)

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakterisasi dari Semen-ZnO menggunakan instrumen XRD.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi ZnO yang ditambah pada semen *Portland* terhadap efek antibakteri pada koloni bakteri *Escherichia coli*.
3. Untuk mengetahui pengaruh sifat antibakteri pada Semen-ZnO dibawah sinar UV (*Under UV*) dan tanpa sinar UV (*Under Dark*)

F. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang akan didapatkan pada penelitian kali ini sebagai berikut :

1. Menentukan hasil karakterisasi dari ZnO menggunakan instrumen XRD.
2. Memberikan informasi pengaruh variasi ZnO yang ditambah pada semen Portland terhadap efek antibakteri pada koloni bakteri *Escherichia coli*.

3. Memberikan informasi mengenai pengaruh sifat antibakteri pada Semen-ZnO dibawah sinar UV (*Under UV*) dan tanpa sinar UV (*Under Dark*)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Semen Portland

1. Definisi

Semen merupakan bahan perekat bertekstur halus, jika dicampur air akan terbentuk reaksi hidrasi dan dapat terikat menjadi bahan-bahan padat berupa satu kesatuan massa yang kokoh. Disisi lain semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggerus terak atau klinker yang terdapat senyawa kalsium silikat bersifat hidrolis, bersamaan dengan bahan tambahan lain seperti gypsum yang berfungsi untuk mengendalikan reaksi awal (Lallo da Silva et al., 2019).

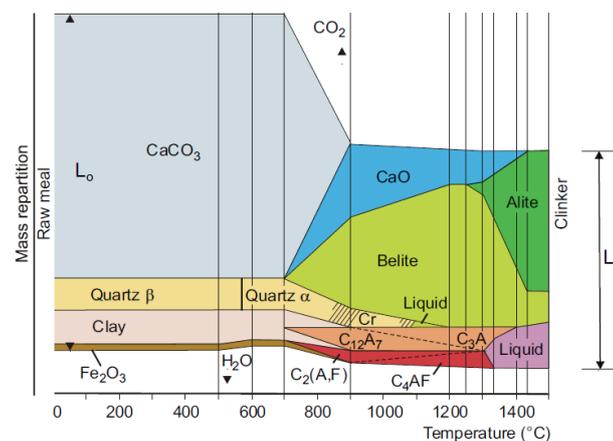
Menurut (Purnawan & Prabowo, 2018) semen menjadi salah satu bahan dasar utama konstruksi bangunan, menjadikan semen sebagai komoditi yang bernilai esensial. Diketahui total kapasitas produksi semen nasional mencapai 68,7 juta ton dengan kemampuan produksi hanya 59,9 juta ton. Tahun 2014 diketahui total impor semen sebesar 2,2 juta ton yang mana hal ini sangat kontras dengan ekspor yang hanya sebesar 220.000 ton. Total kebutuhan semen nasional diperkirakan mencapai 62,4 juta ton hal ini dihimpun dari data Kemenperin di tahun 2016. Beberapa tahun belakangan ini Indonesia memiliki 7 produsen semen yang aktif beroperasi dengan persentase yaitu Holcim Indonesia 15%, Indocement 30%, dan yang terakhir yaitu

Semen Gresik Group (SGG) yang menguasai sekitar 45%, sementara yang lainnya sebesar

10% dibagi kepada Semen Andalas, Semen Baturaja, Semen Bosowa, dan Semen Kupang. Dilihat dari penguasaan pasar tersebut, terdapat dua pelaku usaha yang mempunyai pangsa pasar sebagai *market leader*, yaitu SGG dan Indocement.

Dewasa ini terdapat beberapa jenis semen antara lain yaitu yang pertama adalah semen *Portland*, semen ini merupakan *powder* berwarna abu kebiruan, yang berasal dari bahan utama batu gamping yang memiliki kandungan kalsium yang tinggi, diproses pada tanur yang memiliki tekanan dan suhu yang sangat tinggi, semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen ini disusun berdasarkan persentase kandungan yang dimilikinya dapat didefinisikan atau dikelompokkan menjadi beberapa tipe, yang pertama yaitu Semen Putih (*Gray Cement*) adalah semen yang digunakan sebagai *filler* atau biasa digunakan sebagai bahan *finishing*, yang mana semen ini berasal dari bahan utama kalsit yang berasal dari limestone yang memiliki kemurnian yang tinggi. Selanjutnya yaitu *Oil Well Cement* merupakan semen dengan fungsi khusus yang digunakan untuk pengeboran minyak bumi dengan berbagai kondisinya baik darat maupun laut. Yang terakhir terdapat *Mixed & Fly Ash Cement* yaitu campuran pozzolan buatan dan semen abu yang mana pozzolan merupakan hasil sisa dari pembakaran batu bara yang menghasilkan besi oksida, aluminium oksida, *amorphous silica*, dan oksida lainnya dalam variasi jumlah. Semen ini berfungsi untuk campuran beton agar menjadi lebih keras.

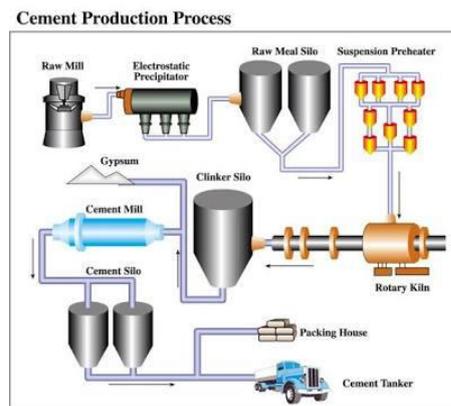
Terlepas dari produksi semen, disisi lain peneliti selalu mengembangkan sifat dan struktur semen dan menciptakan biaya produksi semen seefisien mungkin. Biaya produksi semen Portland terkait erat dengan biaya bahan bakar yang digunakan untuk membuat suhu dari *kiln* (Tempat pembakaran modern) tinggi dan untuk memungkinkan reaksi kimia yang berbeda yang mengubah bahan mentah menjadi klinker. Klinker keluar dari *kiln* sebagai nodul abu-abu, pucat atau warna yang lebih pekat sesuai dengan jumlah zat besi yang dikandungnya. Ketika kandungan oksida besi lebih rendah dari 1% klinker berwarna keputihan, dan semakin rendah kandungan oksida besi, semakin putih semen yang dihasilkan, namun disamping itu (Sui et al., 2019) mengatakan penggantian sebagian klinker dengan batu kapur memberikan manfaat lingkungan dan ekonomi bagi industri beton. Memahami karakteristik fisik dan kimia bahan berbasis semen *Portland* batu kapur penting untuk memastikan masa pakai struktur beton jangka panjang, khususnya di lingkungan yang menyebabkan korosi tulangan seperti paparan larutan garam.



Gambar 2. Transformasi Bahan Mentah Menjadi Klinker

2. Proses Pengolahan

Proses Pengolahan semen dibagi menjadi 2 proses yaitu: yang pertama proses basah pada jenis proses ini semua bahan dihomogenkan dengan air lalu dihancurkan, diuapkan dan kembali dipanaskan dengan (*bunker crude oil*), dikarenakan keterbatasan energi maka proses ini sangat jarang dilakukan.



Gambar 3. Proses Basah Pembuatan Semen

Yang kedua yaitu proses kering, proses ini menggunakan Teknik penggerusan atau penggilingin dan blending, kemudian dibakar dengan bahan bakar batubara. Untuk mencapai hasil yang baik proses ini melalui 5 tahapan, yang pertama yaitu batu kapur/koral yang didapat pada proses penembakan batu bara dipecah sampai terbentuk pada ukuran $< 50\text{mm}$. Yang kedua yaitu batu kapur yang telah dihancurkan dengan ukuran yang telah ditentukan dicampur dengan lempung, pasir dan bijih besi, lalu pada proses ketiga setelah dilakukan pencampuran hasil dari campuran tersebut dibawa ke *Ball Mill*, dicampur dengan air barulah setelah itu terbentuk larutan pekat yang memiliki tekstur seperti bubur yang biasa dinamakan *slurry*, pada proses keempat yaitu

dilakukan pengujian komposisi kesesuaian spesifikasi, selanjutnya proses terakhir setelah dilakukan pengujian barulah dilakukan pembakaran slurry pada *kiln* berputar dengan temperatur 1500°C.

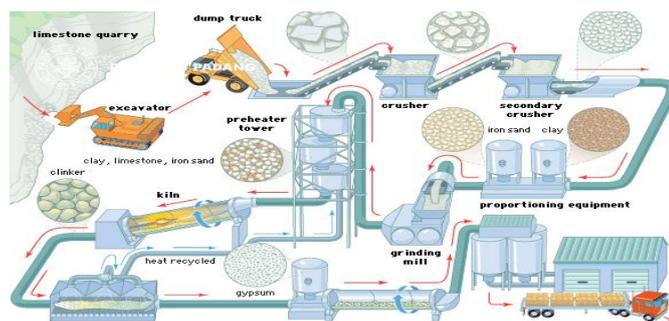
Lalu selanjutnya dihasilkan klinker yang mengandung senyawa kimia antara lain:

<i>Oxide</i>	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	CO ₂	TiO ₂
<i>Notation</i>	C	S	A	F	K	M	N	S'	C'	T

Tabel 1. Notasi Kimia Semen *Portland*

(Hanein et al., 2015)

Dengan tahapan pertama yaitu bubuk batu bara halus dan udara ditiupkan pada ujung tungku pada suhu 1500°C, pada proses kedua dilakukan proses pemanasan yang bertujuan menghilangkan air dan CO₂ dari *slurry*, lalu pada proses ketiga partikel-partikel terbentuk didinginkan membentuk butiran abu abu gelap yang biasa disebut klinker lalu hasil klinker tersebut disimpan pada suatu penyimpanan sebelum dilanjutkan pada tahap selanjutnya. Proses terakhir yaitu Klinker dicampur gypsum (CaSO₄) dan dihaluskan di *Ball Mill* sehingga terbentuk bubuk halus yang dinamakan semen *Portland*. barulah semen disimpan di silo siap untuk didistribusikan (Nurfatimah, 2015).



Gambar 4. Proses Kering Pembuatan Semen *Portland*

3. Sifat Fisika dan Kimia Semen *Portland*

Pada sifat fisika semen *Portland* padat, terdapat beberapa bahan campuran yang berbeda yang mana pada setiap campuran pada kontruksinya ditampakkan oleh sifat fisiknya dengan beberapa parameter kunci yang mengontrol kualitas semen. Sifat fisik semen yang baik didasarkan pada *Fineness*/Kehalusan.

Para peneliti yaitu (Petre et al., 2012) pada hasil eksperimen yang mereka lakukan didapatkan hasil pemeriksaan laboratorium mengenai perolehan semen dengan kehalusan cangkih yang dirancang untuk *grouting* dalam pekerjaan kontruksi. Sampel semen *Portland* biasa dengan berbagai tingkat kehalusan telah dikembangkan dan dianalisis dalam hal sifat fisik dan mekanik. Sampel semen yang diperoleh digunakan dalam mempersiapkan campuran nat dengan berbagai rasio air eksperimen mengarah pada pengembangan jenis semen portland biasa dengan kehalusan lanjutan ($7000 \text{ cm}^2/\text{g}$ dan $8000 \text{ cm}^2/\text{g}$, masing-masing) bagus untuk digunakan dalam pekerjaan konsolidasi dengan injeksi.

Lalu selanjutnya terdapat Kuat Tekan (*Compressive Strength*) kuat tekan dapat didefinisikan sebagai indeks kuatnya suatu material dalam menahan beban. Kuat tekan adalah aspek utama atau fungsi utama dari semen itu sendiri. Komposisi mineral, kandungan kapur bebas, magnesium, kandungan gypsum, temperatur, perbandingan air dengan semen, kualitas agregat, cara pengerjaan, dan perlakuan merupakan

perbedaan kuat yang dapat diperhatikan komposisinya. Pada sisi lain perbedaan kuat tekan semen dapat dipantau dari kecepatan pengembangan, kuat tekan semen sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia mineral semen yang ada, seperti telah diketahui bahwa semen mengandung 4 mineral utama yaitu C3S, C2S, C3A, dan C4AF yang mempunyai reaktifitas masing-masing terdapat perbedaan sewaktu bertemu dengan air (Purnawan & Prabowo, 2018).

Selanjutnya terdapat *Loss of Ignition* yaitu pemanasan sampel semen pada 900°C - 1000°C sampai berat konstan diperoleh menyebabkan penurunan berat sampel. Kehilangan berat pada pemanasan ini dihitung sebagai kehilangan penyalaan. Penyimpanan atau pemalsuan yang tidak tepat dan berkepanjangan selama pengangkutan atau pemindahan dapat menyebabkan pra-hidrasi dan karbonasi, yang keduanya dapat ditunjukkan dengan meningkatnya kehilangan penyalaan. Menurut eksperimen yang dilakukan oleh (Omoniyi & Okunola, 2016) yaitu Sekitar 3,0 g sampel semen dari merk (As, Br, De dan Sk) dipindahkan ke dalam krus platina kering yang telah ditimbang sebelumnya kemudian masing-masing cawan lebur dengan sampel dinyalakan di atas 9000°C dalam tungku selama sekitar 30 menit. Crucible kemudian diangkat, didinginkan dan ditimbang.

Persentase *loss on ignition* (LOI) dihitung menggunakan Persamaan:

$$LOI = \frac{(W_1 + W_2 + W_3)}{W_2} \times 100$$

W_1 = berat wadah kosong

W_2 = berat sampel + wadah kosong

W_3 = berat wadah kosong + berat setelah pengapian

Sifat Kimia Semen *Portland* terdiri dari bahan baku untuk produksi semen seperti batu kapur (kalsium), pasir atau tanah liat (silikon), bauksit (aluminium) dan bijih besi, dan mungkin termasuk cangkang, kapur, napal, serpih, tanah liat, terak tanur tinggi, batu tulis. Analisis kimia bahan baku semen memberikan informasi tentang sifat kimia semen, hal ini sesuai dengan eksperimen yang dilakukan oleh (Jayawardane et al., 2012) didapatkan informasi kandungan yang terdapat pada semen *Portland* yaitu :

Sifat Kimia	Persentase (%)
<i>Loss on Ignitation</i>	2,05
<i>Insoluble Residue</i>	4,1
<i>Chloride</i>	0,07
SiO ₂	28,7
Al ₂ O ₃	13,5
CaO	53,6
MgO	2,21
Fe ₂ O ₃	2,27

Tabel 2. Sifat Kimia Semen *Portland*

B. Zinc Oxide

1. Definisi

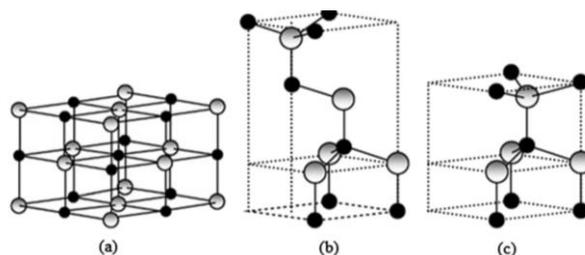
ZnO (*Zinc Oxide*) adalah senyawa anorganik berwarna putih, tidak memiliki bau dan sukar larut dalam air. Pada suhu kamar, senyawa ini memiliki fasa padat dengan densitas sebesar $5,610 \text{ g/cm}^3$, titik leleh sebesar 1975°C serta berat molekul ZnO yaitu sebesar $81,38 \text{ g/mol}$, Seng oksida (ZnO) merupakan semikonduktor dengan celah pita besar sekitar $3,37 \text{ eV}$ dan energi ikat eksiton tinggi (60 meV). Ini adalah senyawa multifungsi dengan optik unik, *luminescent 58 S.N.A.* (Mohamad Sukri et al., 2019). ZnO biasanya disintesis dalam bentuk serbuk yang biasa digunakan sebagai zat aditif pada berbagai bahan dan produk seperti plastik, keramik, kaca, semen, karet, pelumas, cat dan lain-lain. Di kerak bumi, ZnO muncul sebagai mineral *zincite*, namun ZnO sebagian besar diproduksi secara sintesis untuk kebutuhan komersial, disamping itu para ilmuwan sedang mengembangkan ZnO untuk menjadi fotokatalis semikonduktor yang efisien karena sifatnya yang tidak beracun dan stabilitas fisik. (Qi et al., 2020).



Gambar 5. *Zinc Oxide*

2. Bentuk Struktur

ZnO mempunyai tiga struktur kristal antara lain *cubic rocksalt*, *zinblende cubic*, dan *hexagonal wurzite*. Struktur yang paling umum dari ZnO dengan jenis bentuk *wurtzite*, adalah kisi *hexagonal* dengan atom seng dikelilingi oleh atom oksigen dengan koordinasi tetragonal. *Wurtzite* ini juga merupakan struktur paling stabil dari ZnO dan sering dijumpai (Kim et al., 2020). Bentuk *zinblende* dari ZnO terbentuk pada saat pertumbuhan kristal dan mencapai kestabilan ketika membentuk kubus. Bentuk *rocksalt* hanya di temukan pada tekanan 10 GPa. Dapat diamati bahwa *wurtzite* ZnO terdiri dari atom membentuk sub kisi heksagonal. Dalam hal ini, masing-masing Zn sub-kisi berisi empat Zn ion dan dikelilingi oleh empat ion O_2 dan sebaliknya terkoordinasi di tepi tetrahedron koordinasi tetrahedral ini akan membentuk simetri kutub sepanjang sumbu heksagonal yang menginduksi efek piezoelektrik dan polarisasi spontan pada ZnO kristal *wurtzite*. Efek polarisasi adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan kristal selama proses sintesis struktur nano (Pradeev raj et al., 2018).



Gambar 6. Model Struktur ZnO

(Lee et al., 2016)

3. Sifat Antibakteri

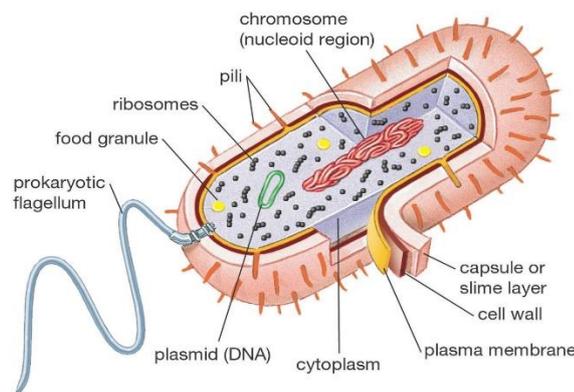
Dewasa ini para peneliti mengembangkan fungsi dari ZnO salah satunya yang dilakukan oleh (Pasquet et al., 2014) mereka mendefinisikan seng oksida (ZnO) adalah agen antimikroba yang efisien yang bekerja melalui beberapa mekanisme yang melibatkan spesies kimia yang berbeda. Tiga mekanisme aksi yang berbeda telah dikemukakan dalam literatur bahwa produksi spesies oksigen reaktif (ROS) karena semikonduktor sifat ZnO. Destabilisasi membran mikroba pada kontak langsung partikel ZnO ke dinding sel, dan sifat antimikroba intrinsik dari ion Zn^{2+} yang dilepaskan oleh ZnO dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kontribusi spesies terlarut yang dilepaskan oleh ZnO, terutama Zn^{2+} .

Penggunaan agen antimikroba anorganik untuk memerangi infeksi telah disorot karena menawarkan keuntungan penting dalam kaitannya dengan antimikroba organik, seperti toksisitas yang lebih rendah untuk tuan rumah, stabilitas yang lebih tinggi dengan daya tahan yang lebih lama, resistensi mikroba yang lebih rendah dan selektivitas yang baik. Seng oksida (ZnO) menawarkan keuntungan tambahan dibandingkan dengan semua antimikroba anorganik, seperti sitotoksitas yang lebih rendah, selektivitas yang lebih baik, stabilitas yang lebih tinggi dan ketahanan panas (Lallo da Silva et al., 2019). Menurut (Eskani et al., 2020) beberapa laporan tentang garam seng yang larut dalam air, aktivitas

antimikroba Zn^{2+} tergantung pada konsentrasi dan kontak durasi yang terjadi dan juga tergantung dosis yang diberikan hal ini telah dilakukan tindakan dalam pembasmian bakteri *Escherichia coli*. Nanomaterial seng oksida ZnO telah banyak digunakan pada berbagai industri dikarenakan sifat-sifat uniknya antara lain antibakteri, fotokatalitik, optik dan elektrik dan sifat antibakteri ZnO disebut sangat tinggi karena tahan panas dan stabil di berbagai kondisi.

C. *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri komensal memiliki sifat patogen, bertindak sebagai penyebab utama morbiditas dan mortalitas diseluruh dunia



Gambar 7. Struktur Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah anaerob fakultatif yang dominan dari flora kolon manusia. Organisme ini biasanya menjajah saluran pencernaan bayi dalam beberapa jam kehidupan, *Escherichia coli* biasanya tidak berbahaya jika berjumlah terbatas pada lumen usus, Namun pada manusia yang memiliki imun yang lemah atau immunosupresi, atau keadaan dimana terjadinya hambatan gastrointestinal, *Escherichia coli* patogenik dapat

menyebabkan infeksi. Lebih lagi, bahkan anggota paling kuat dari spesies ini mungkin rentan terhadap infeksi oleh salah satu dari beberapa klon *Escherichia coli* yang beradaptasi mengembangkan kemampuan untuk menyebabkan spektrum luas kumpulan penyakit manusia (Saravanakkumar et al., 2018).

Disamping itu menurut (Jang et al., 2017) *Escherichia coli* adalah bakteri gram-negatif berbentuk batang, dan diklasifikasikan sebagai anggota famili *Enterobacteriaceae* dalam kelas *Gammaproteobacteria*. *Escherichia coli* adalah salah satu bakteri yang dipelajari dengan baik. *Escherichia coli* dapat tumbuh dengan cepat di bawah kondisi pertumbuhan yang optimal, bereplikasi dalam 20 menit. Banyak sistem manipulasi gen telah dikembangkan menggunakan *Escherichia coli* sebagai bakteri inang, menghasilkan enzim yang tak terhitung jumlahnya dan produk industri lainnya.

Infeksi karena *Escherichia coli* patogen mungkin terbatas pada permukaan mukosa atau dapat menyebar seluruh tubuh. Tiga hasil sindrom klinis umum dari infeksi strain *Escherichia coli* yang secara inheren patogen: (i) infeksi saluran kemih, (ii) sepsis/meningitis, dan (iii) enterik/penyakit diare. *Escherichia coli* mencakup beberapa patogen yang muncul dari pentingnya kesehatan masyarakat di seluruh dunia, dan secara khusus akan fokus pada patogen yang menyerang manusia. (Kaper et al., 2004).

Escherichia coli termasuk golongan bakteri mesofilik yaitu bakteri yang berada pada suhu pertumbuhan optimumnya 15-45°C dan dapat melangsungkan kehidupan pada pH 5,5-8. *Escherichia coli* merupakan

bakteri yang paling sering menyebabkan infeksi saluran pencernaan maupun infeksi saluran kemih pada manusia. Bakteri ini memiliki bentuk batang gram negatif dengan beberapa subspecies, seperti *enterotoxygenic Escherichia coli* (ETEC), *Escherichia coli* (EPEC), *enteroaggregative Escherichia coli* (EAEC), *Enteroinvasive Escherichia coli* (EIEC), dan *diffusely adherant Escherichia coli*. Di Amerika Serikat yang paling sering menyebabkan diare adalah tipe *enterotoxygenic Escherichia coli*. Selain dapat menyebabkan diare juga infeksi saluran kemih, ada tipe lain dari *Escherichia coli* ini yang bisa menyebabkan sindrom penyakit, yaitu sindrom hemolitik-uremik yang disebabkan oleh *Shiga-toxin – producing Escherichia coli*.(Mutaqin et al., n.d.).

Menurut data dari (Daga et al., 2019) di negara maju, *Escherichia coli* merupakan patogen dalam infeksi aliran darah. *Escherichia coli* menduduki peringkat pertama atau kedua dalam kejadian infeksi aliran darah di negara-negara seperti Australia, Kanada, Denmark, Finlandia, Islandia, Selandia Baru, Swedia, dan Amerika Serikat. Namun, menganalisis frekuensi infeksi aliran darah *Escherichia coli* di Rumah Sakit Universitas di Brasil, menunjukkan bahwa dalam beberapa tahun terakhir, *Escherichia coli* bertanggung jawab atas 4,7% infeksi aliran darah.

Selain itu bakteri resisten antimikroba (AMR) ada di mana-mana di perairan lingkungan, termasuk lautan, sungai, danau, dan air selokan, dan bahkan telah tercatat di sumber air minum. Sistem air mengandung antibiotik, biosida, logam berat, dan bahan kimia lainnya yang secara

alami memilih resistensi antimikroba dalam kumpulan gen mikroba yang terbawa air ini. *Escherichia coli* berlimpah dalam sistem air dan merupakan reservoir yang mengkhawatirkan untuk AMR di lokasi ini. Sebuah survei terhadap AMR *Escherichia coli* di Belanda menunjukkan 17,1% ESBL *Escherichia coli* yang diisolasi dari air sungai dan air limbah dilaporkan sebagai patogen (Critchley et al., 2019).

D. Efek Antibakteri ZnO Terhadap *Escherichia coli*

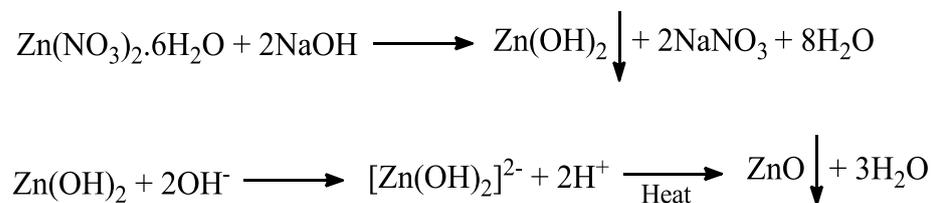
1. Bahan Nanopartikel ZnO

Dilakukan eksperimen oleh (Liu et al., 2009) yaitu melakukan suspensi ZnO NP dengan ukuran NP 70 ± 15 nm dibeli dari Alfa Aesar (Ward Hill, MA, USA). Suspensi ZnO NP asli 12 mol diencerkan dengan media tryptone soy agar (TSA) untuk membuat rangkaian media yang mengandung ZnO NP dengan konsentrasi 0, 3, 6 dan 12 mmol. Media kemudian diautoklaf untuk menghilangkan mikroorganisme alami dan segera digunakan untuk tes antimikroba berikut. Selain itu, aliquot 10 ml suspensi ZnO NP disaring secara vakum melalui filter membran aluminium oksida dengan ukuran pori 20 nm dan kerapatan optik 25 mm (OD; Anodisc; Whatman Inc., Clifton, NJ, USA), menghasilkan larutan bebas NP yang terdiri dari air dan dispersan. Larutan bebas NP diencerkan dengan TSA sebanyak 1000 kali dan diautoklaf untuk digunakan dalam studi pengaruh larutan bebas NP pada pertumbuhan bakteri.

Penghambatan pertumbuhan populasi bakteri dapat dijelaskan oleh interaksi spesifik dengan nanopartikel. Secara umum, ukuran sel

bakteri berada dalam kisaran mikrometer, sedangkan membran sel luarnya memiliki pori-pori dalam kisaran nanometer. Karena nanopartikel berukuran lebih kecil dari pori-pori bakteri, mereka akan memiliki kemampuan unik untuk menembus membran sel, seperti halnya dengan NP CuO. Untuk NP ZnO, tiga mekanisme yang paling sering dilaporkan adalah: pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) termasuk hidrogen peroksida (H_2O_2), radikal hidroksil OH^\cdot dan peroksida O_2^{-2} (Dadi et al., 2019).

Salah satu cara untuk mendapatkan nanopartikel yaitu dengan sintesis nanokomposit ZnO dan uji efektivitasnya sebagai antibakteri pada bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*). Untuk mensintesis nanokomposit ZnO dilakukan dengan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi merupakan metode yang dimanfaatkan untuk dapat mengambil partikel kecil nano ZnO dengan persamaan reaksi:



Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Abebe et al., 2020) mengkonfirmasi penciptaan ROS menggunakan teknik ESR dan aktivitas antibakterinya yang efektif. Proses sonokimia satu langkah baru yang digunakan untuk mensintesis komposit ZnO-PVA. Aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *S. aureus* dilakukan dengan metode unit pembentuk koloni per mililiter. Dibandingkan dengan

ZnO tanpa PVA (~ 80–100 nm), NP ZnO yang disintesis menggunakan PVA sebagai agen penutup (4–6 nm) menunjukkan peningkatan aktivitas antibakteri pada bakteri *Escherichia coli* dan *S. aureus*. Ini menegaskan ketergantungan aktivitas antibakteri pada ukuran partikel. Menggunakan pewarna fluoresen propidium iodida, sel-sel mati (fluoresensi merah) dan sel-sel hidup (fluoresensi merah hijau) diidentifikasi dengan mikroskop pemindaian laser *confocal*.

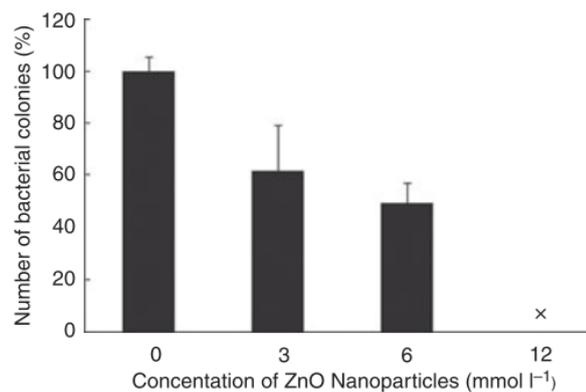
2. Tes Antibakteri

Escherichia coli O157:H7 C7927 diperoleh dari koleksi kultur di Food Microbiology Laboratory di University of Missouri, Columbia, MO. *Escherichia coli* O157:H7 ditumbuhkan secara aerobik pada suhu 37°C selama 12-16 jam dalam kaldu kedelai tripton (TSB; Difco, MD, USA). Kultur kemudian diencerkan dalam TSB segar mulai dari OD pada 600 nm (OD₆₀₀) 0,05 dan diinkubasi pada suhu 37°C semalaman dalam labu Erlenmeyer serta pada pelat TSA. Uji bakteriologis dilakukan dengan menginokulasi sel bakteri pada pelat TSA yang mengandung konsentrasi ZnO NP yang berbeda (0, 3, 6 dan 12 mmol) dan larutan bebas NP. Sel yang diinokulasi diperkirakan c.200 CFU per piring, dan semua pengukuran dilakukan dalam rangkap tiga. Pengaruh autoklaf terhadap fungsionalitas ZnO NP juga dievaluasi dengan menggunakan ZnO NP dengan dan tanpa perlakuan autoklaf untuk uji antibakteri (Haberecht et al., 2019).

3. Hasil Efek Antibakteri ZnO

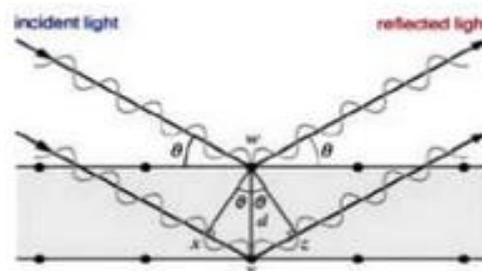
Suspensi ZnO yang telah dikarakterisasi oleh TEM dengan ukuran ZnO NP adalah 70 ± 15 nm dan memiliki struktur seperti bola atau batang. Larutan bebas ZnO NP diperoleh setelah penyaringan dan dianalisis komposisinya, yang terdiri dari air dan dispersan. Larutan bebas ZnO NP tidak berpengaruh pada pertumbuhan bakteri dan pembentukan koloni normal diamati. Untuk menilai pengaruh ZnO NP pada *Escherichia coli* O157:H7, kultur bakteri diinokulasi dengan menyebarkan pada pelat TSA yang mengandung konsentrasi ZnO NP yang berbeda 0, 3, 6 dan 12 mmol, diinkubasi semalaman pada 37°C sebelum sel dicacah. Lalu terlihat ZnO NP menunjukkan peningkatan aktivitas antimikroba terhadap *Escherichia coli* O157:H7 seiring dengan peningkatan konsentrasinya. Ketika konsentrasi ZnO NP meningkat hingga 12 mmol, pertumbuhan *Escherichia coli* O157:H7 benar-benar terhambat yang dibuktikan dengan tidak adanya koloni pada pelat TSA. Pengaruh autoklaf pada fungsi ZnO NP dievaluasi dengan menggunakan ZnO NP dengan dan tanpa perlakuan autoklaf untuk uji antibakteri dan tidak ada perbedaan signifikan yang diamati.

Antibacterial ZnO Nanoparticles

**Gambar 8. Pengaruh Variasi Konsentrasi ZnO Terhadap Koloni bakteri**

E. X-Ray Diffraction

Dewasa ini terdapat beberapa metode untuk memastikan bahwa kedudukan bidang tertentu dari material yang dikaji memenuhi syarat *Bragg* mengenai pengukuran penyinaran difraksi. Metode tersebut adalah: (1) Metode difraksi Laue; (2) Metode hablur bergerak; dan (3) Metode difraktometri serbuk. Metode Difraktometri serbuk berfungsi untuk melihat difraksi sampel polikristal. Sampel berupa serbuk/bubuk dengan permukaan yang rata dan mempunyai ketebalan yang pas untuk menyerap alur sinar-X yang menuju keatasnya. Digunakan pencacah *Geiger* dan sintilasi untuk menghasilkan puncak-puncak difraksi. sampel diatur pada sudut 2θ terhadap alur datang agar alat monitor dapat mengelilingi sampel tersebut. Alat monitor tersebut diijarkan agar sumbunya selalu melalui dan bersudut tepat dengan sumbu putaran sampel. Intensitas sinar-X yang difraksi sebagai fungsi sudut 2θ .



Gambar 9. Difraksi sinar X terhadap bidang atom

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.

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 dengan persamaan rumus:

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

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).



Gambar 10. Instrumen XRD

F. Scanning Electron Microscopy

SEM adalah instrumen canggih serbaguna yang sebagian besar digunakan untuk mengamati fenomena permukaan bahan. Sampel ditembak dalam SEM menggunakan high- energi elektron, dan elektron/sinar-X yang keluar dianalisis. Hasil ini elektron/sinar-X memberikan informasi tentang topografi, morfologi, komposisi, orientasi butir, informasi kristalografi, dll. dari suatu material.



Gambar 11. Instrumen SEM

Morfologi menunjukkan bentuk dan ukuran, sedangkan topografi menunjukkan fitur permukaan sebuah objek atau "bagaimana tampilannya", teksturnya, kehalusan atau kekasarannya. Juga, komposisi berarti unsur dan senyawa yang menyusun bahan, sedangkan kristalografi berarti susunan atom dalam bahan. SEM adalah peralatan terkemuka yang mampu mencapai gambar visual rinci dari sebuah partikel dengan kualitas tinggi dan resolusi spasial 1 nm. Jenis elemen dan senyawa yang terdiri dari sampel dan rasio relatifnya serta pengaturannya atom dalam partikel kristal tunggal dan derajat keteraturannya juga dapat diberikan. Dengan demikian, SEM merupakan instrumen multiguna yang mampu mengkaji dan menganalisis bahan dengan resolusi tinggi (Akhtar et al., 2018).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh penambahan ZnO pada Semen Portland dengan bantuan sinar UV mengakibatkan kelangsungan hidup bakteri menurun secara signifikan, namun pada tanpa bantuan sinar UV kelangsungan hidup bakteri juga menurun namun tidak terlalu signifikan.
2. Hasil sintesis ZnO yang dikarakterisasi dengan XRD terbentuk kristal hexagonal wurtzite dengan puncak yang terbentuk pada sudut $32,769^\circ$, $34,2976^\circ$, $36,0389^\circ$, $39,417^\circ$, $41,3164^\circ$, dan $43,1495^\circ$.
3. Diamati dari gambar SEM, Analisa XRD, menegaskan bahwa tidak ada reaksi yang terjadi antara ZnO dan semen putih dalam komposit semen-ZnO(%) dan karenanya komposit berhasil terbentuk. Tidak ada pembentukan fase lain, penyerapan atau ikatan yang diamati pada semen-ZnO(%)

DAFTAR PUSTAKA

- Abebe, B., Zereffa, E. A., Tadesse, A., & Murthy, H. C. A. (2020). A Review on Enhancing the Antibacterial Activity of ZnO: Mechanisms and Microscopic Investigation. *Nanoscale Research Letters*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s11671-020-03418-6>
- 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*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_4
- Alavi, M., & Nokhodchi, A. (2020). An overview on antimicrobial and wound healing properties of ZnO nanobiofilms, hydrogels, and bionanocomposites based on cellulose, chitosan, and alginate polymers. *Carbohydrate Polymers*, 227(July 2019), 115349. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115349>
- Bùi, H. K. (2019). *Volume Synthesis By Sol-Gel Method And Characterization Of Zno Nanoparticles*.
- Chen, H., Wu, X., Gong, L., Ye, C., Qu, F., & Shen, G. (2010). Hydrothermally grown ZnO micro/nanotube arrays and their properties. *Nanoscale Research Letters*, 5(3), 570–575. <https://doi.org/10.1007/s11671-009-9506-4>
- Critchley, I. A., Nicole Cotroneo, Pucci, M. J., & Rodrigo Mendes. (2019). The burden of antimicrobial resistance among urinary tract isolates of Escherichia coli in the United States in 2017. *PLoS ONE*, 14(12), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220265>
- Dadi, R., Azouani, R., Traore, M., Mielcarek, C., & Kanaev, A. (2019). Antibacterial activity of ZnO and CuO nanoparticles against gram positive and gram negative strains. *Materials Science and Engineering C*, 104(March), 109968. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109968>
- Daga, A. P., Koga, V. L., Soncini, J. G. M., De Matos, C. M., Perugini, M. R. E., Pelisson, M., Kobayashi, R. K. T., & Vespero, E. C. (2019). Escherichia coli Bloodstream Infections in Patients at a University Hospital: Virulence factors