

**PENGARUH PENAMBAHAN  $\text{TiO}_2$  SEBAGAI AGEN  
ANTIBAKTERI PADA SEMEN *PORTLAND*  
DENGAN METODE DIFUSI CAKRAM**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar*

*Sarjana Sains*



Oleh:

**WAHDINY PRIMA**

**18036075/2018**

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**DEPARTEMEN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2022**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### PENGARUH PENAMBAHAN $\text{TiO}_2$ SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI PADA SEMEN *PORTLAND* DENGAN METODE DIFUSI CAKRAM

Nama : Wahdiny Prima  
NIM : 18036075  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

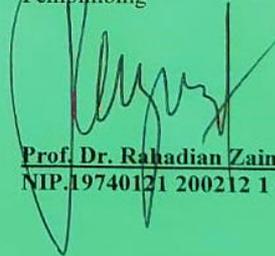
Padang, 17 November 2022

Mengetahui:  
Kepala Departemen Kimia



**Budhi Oktavia, 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**

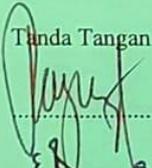
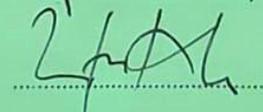
Nama : Wahdiny Prima  
NIM : 18036075  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PENGARUH PENAMBAHAN TiO<sub>2</sub> SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI  
PADA SEMEN *PORTLAND* DENGAN METODE DIFUSI CAKRAM**

Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Kimia Departemen Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 17 November 2022

**Tim Penguji**

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Prof. Dr. Rahadian Zainul,S.Pd.,M.Si	
Anggota	: Edi Nasra, S.Si.,M.Si	
Anggota	: Umar Kalmar Nizar,S.Si,M.Si,Ph.D	

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahdiny Prima  
NIM : 18036075  
Tempat/Tanggal lahir : Padang/ 24 April 2000  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : **Pengaruh Penambahan  $TiO_2$  Sebagai Agen Antibakteri Pada Semen Portland Dengan Metode Difusi Cakram**

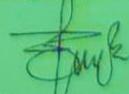
Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP 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. Pada 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 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, 17 November 2022

Yang menyatakan



Wahdiny Prima  
NIM. 18036075

# **PENGARUH PENAMBAHAN TiO<sub>2</sub> SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI PADA SEMEN *PORTLAND* DENGAN METODE DIFUSI CAKRAM**

**Wahdiny Prima**

## **ABSTRAK**

Semen merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur sebagai bahan dasar dalam mortar, plester dan beton. Salah satu jenis semen yang paling banyak digunakan yaitu semen *Portland*, namun dalam kondisi lingkungan yang lembab dapat menyebabkan timbulnya bakteri pada permukaan semen yang menyebabkan masalah kesehatan, untuk itu perlu nya modifikasi semen dengan sifat antibakteri. Penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas antibakteri dari TiO<sub>2</sub> sebagai agen antibakteri pada semen *Portland* dengan bakteri *Escherichia coli* sebagai bakteri pengevaluasi. Metode difusi cakram digunakan untuk evaluasi sifat antibakteri dengan memvariasikan TiO<sub>2</sub> pada Semen Portland sebesar 0%, 1%, 3% dan 5%, dan dilakukan dengan penyinaran UV. Disamping itu dilakukan karakterisasi TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan instrumen XRD untuk mengetahui struktur, kristalinitas serta ukuran TiO<sub>2</sub> hasil sintesis, serta karakterisasi Semen-TiO<sub>2</sub> menggunakan instrumen SEM untuk melihat morfologi permukaannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semen-TiO<sub>2</sub> dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dengan efektivitas antibakteri terbaik didapatkan pada penambahan TiO<sub>2</sub> pada semen portland sebanyak 5% dengan penyinaran UV selama 60 menit dengan menghasilkan zona hambat sebesar 7,35 mm.

Kata Kunci: TiO<sub>2</sub>, Semen *Portland*, Antibakteri, Difusi Cakram

# **EFFECT OF TiO<sub>2</sub> ADDITION AS ANTIBACTERIAL AGENT IN PORTLAND CEMENT WITH DISC DIFFUSION METHOD**

**Wahdiny Prima**

## **ABSTRACT**

Cement is the most widely used material in infrastructure development as a basic ingredient in mortar, plester, and concrete. One of the most widely use types of cement is *Portland* cement, but in a humid environment conditions it can cause bacteria to appear on the cement surface which causes health problems, therefore, it is necessary to modify cement with antibacterial properties. This study was conducted to determine the antibacterial effectiveness of TiO<sub>2</sub> in *Portland* cement with *Eschericia coli* bacteria as the evaluating bacteria. The disc diffusion method was use to evaluate the antibacterial properties by varying the TiO<sub>2</sub> as antibacterial agent in *Portland* Cement by 0%, 1%, 3% and 5%, and carried out with UV irradiation. In addition, the characterization was carried out using XRD instrument to determine the structure, cristalinity and size of the synthesized TiO<sub>2</sub>, as well as characterization of Cement-TiO<sub>2</sub> with SEM instrument to see the surface morphology. The results showed that cement-TiO<sub>2</sub> can inhibit the growth of *escericia coli* bacteria with the best antibacterial effectiveness obtained in the addition of TiO<sub>2</sub> to *Portland* cement as much as 5% with UV irradiation for 60 minutes to produce an inhibition zone of 7.35 mm.

Keywords: TiO<sub>2</sub>, *Portland* Cement, Antibacterial, Disc Diffusion

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGARUH PENAMBAHAN  $TiO_2$  SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI PADA SEMEN *PORTLAND* DENGAN METODE DIFUSI CAKRAM”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana sains.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, masukan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof.Dr.Rahadian Zainul, S.Pd, M.Si sebagai dosen pembimbing sekaligus Penasehat Akademik(PA).
2. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D dan Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si sebagai dosen pembahas.
3. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.S.i, Ph.D sebagai Ketua Departemen Kimia dan Ketua Program Studi Kimia, Departemen Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
4. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan dan semangat
5. Teman-teman yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga bantuan dan masukan dari Bapak, Ibu dan teman-teman berikan dapat menjadi amal kebaikan dan mendapatkan pahala serta mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.

Penulisan ini telah dilakukan dengan sebaik-baiknya, namun saran dan masukan yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan agar skripsi ini bisa lebih sempurna dan bermanfaat.

Padang, 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
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 .....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Semen <i>Portland</i> .....	6
B. Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ).....	9
C. <i>Eschericia coli</i> (E.coli).....	11
D. Efek Antibakteri TiO <sub>2</sub> .....	13
E. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	15
F. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	16
G. Metode Difusi Cakram .....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	19
A. Waktu dan Tempat .....	19
B. Objek Penelitian .....	19
C. Variabel Penelitian .....	19
D. Alat dan Bahan .....	19
E. Prosedur Penelitian.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	23
A. Sintesis dan Karakterisasi TiO <sub>2</sub> .....	23

B.	Karakterisasi TiO <sub>2</sub> dengan instrumen XRD .....	25
C.	Pencampuran TiO <sub>2</sub> pada Semen Portland .....	26
D.	Uji Karakteristik Semen-TiO <sub>2</sub> dengan Instrumen SEM .....	27
E.	Uji Antibakteri Semen-TiO <sub>2</sub> terhadap <i>Eschericia coli</i> .....	28
BAB V PENUTUP.....		37
A.	Kesimpulan.....	37
B.	Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA .....		39
LAMPIRAN.....		44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Produk Semen Portland .....	6
Gambar 2. Titanium Dioksida .....	9
Gambar 3. Struktur rutil, anatase, dan brookite .....	10
Gambar 4. Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	11
Gambar 5. Mekanisme antibakteri $\text{TiO}_2$ .....	13
Gambar 6. Instrumen XRD .....	15
Gambar 7. Instrumen SEM .....	17
Gambar 8. Metode Difusi Cakram (Vega-Jiménez et al., 2019) .....	18
Gambar 9. Pengukuran Diameter Zona Hambat .....	22
Gambar 10. $\text{TiO}_2$ Hasil Sintesis .....	24
Gambar 11. Hasil XRD $\text{TiO}_2$ .....	25
Gambar 12. Proses Sonikasi Semen- $\text{TiO}_2$ .....	26
Gambar 13. Hasil SEM Semen- $\text{TiO}_2$ .....	27
Gambar 14. SEM nanopartikel $\text{TiO}_2$ (Hayle & Gonfa, 2014) .....	28
Gambar 15. SEM $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Othman et al., 2019) .....	28
Gambar 16. Hasil Pengujian Antibakteri penyinaran UV 0 menit .....	30
Gambar 17. Hasil Pengujian Antibakteri penyinaran UV 30 menit .....	31
Gambar 18. Grafik Respon Daya Hambat dengan penyinaran UV 30 menit .....	33
Gambar 19. Hasil Pengujian Antibakteri Penyinaran UV 60 menit .....	34
Gambar 20. Grafik Respon Daya Hambat dengan Penyinaran UV 60 menit .....	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi kimia semen Portland (Ma et al., 2019).....	7
Tabel 2. Kategori Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri .....	22
Tabel 3. Hasil Pengujian Antibakteri Penyinaran UV 30 menit .....	32
Tabel 4. Hasil Pengujian Antibakteri penyinaran UV 60 menit .....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Sintesis Nanopartikel TiO <sub>2</sub> .....	44
Lampiran 2. Karakterisasi TiO <sub>2</sub> .....	44
Lampiran 3. Skema penambahan TiO <sub>2</sub> pada Semen Portland .....	45
Lampiran 4. Skema Uji Aktivitas Antibakteri .....	45
Lampiran 5. Desain Penelitian .....	46
Lampiran 6. Perhitungan .....	47
Lampiran 7. Tabel Data Kristal XRD .....	49
Lampiran 8. Pengukuran Diameter Zona Hambat Bakteri.....	50
Lampiran 9. Data Hasil Karakterisasi XRD sampel TiO <sub>2</sub> .....	51
Lampiran 10. Data Hasil Karakterisasi SEM sampel Semen-TiO <sub>2</sub> .....	54
Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian .....	55

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Di seluruh dunia semen merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur dan bangunan modern (Zhu et al. 2021). Selain itu semen memiliki banyak aplikasi konstruksi dan sebagai bahan dasar dalam mortar, plester dan beton (Rastogi & Vaish, 2016). Semen merupakan zat tepung yang dibuat dengan kapur dan tanah liat dan dikalsinasi sebagai bahan utama yang berfungsi sebagai bahan perekat atau pengikat (Dunuweera & Rajapakse, 2018). Menurut (Scrivener et al., 2018) konsumsi semen saat ini sebesar 4,6 miliar ton per tahun dan diperkirakan akan mencapai 6 miliar ton pada akhir tahun 2050. Salah satu jenis semen yang banyak digunakan yaitu semen *Portland*, Semen ini merupakan semen hidrolis yang mengandung 95% klinker semen (Singh & Subramaniam, 2019).

Pada kondisi lingkungan yang memiliki tingkat kelembaban tinggi dapat mengakibatkan permukaan struktur semen menjadi lembab yang menjadi salah satu ancaman besar bagi kesehatan manusia yaitu pertumbuhan mikroba seperti bakteri telah terdeteksi di permukaan semen. Salah satu bakteri yang terdapat di permukaan semen yang lembab yaitu bakteri *Eschericia coli* yang dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti gangguan saluran pernapasan atas (hidung dan tenggorokan), batuk, meningitis, dan asma.

Saat ini nanoteknologi dan penerapan nanomaterial yang dikenal juga dengan nanopartikel memiliki dampak terbesar pada pengembangan dan pemrosesan material baru yang dimaksudkan untuk dimodifikasi agar memiliki

sifat terbaik dengan kemampuan antibakteri dari nanopartikel dapat digunakan dalam komposisi mortar dan semen (Dehkordi et al., 2021).

Penggunaan nanopartikel sebagai bahan yang inovatif, murah, sederhana, dan efisien telah mendapat banyak perhatian karena kemampuannya untuk meminimalkan jumlah mikroorganisme. Menurut (Alavi & Nokhodchi, 2020) nanopartikel seperti CuO, ZnO, TiO<sub>2</sub>, MgO telah teruji sebagai antibakteri (Sodagar et al., 2017). Fokus penelitian saat ini yaitu pada penggunaan nanopartikel Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) dalam komposisi semen yang memiliki aktivitas antibakteri terhadap berbagai macam bakteri salah satunya bakteri *Escherichia coli* (E. coli) (Dehkordi et al. 2021).

Nanopartikel TiO<sub>2</sub> memiliki keunggulan diantaranya memiliki sifat optik yang baik, stabil, indeks bias tinggi, biaya rendah dan tidak bersifat toksik (Haider et al., 2017). Saat ini banyak metode yang digunakan dalam proses pembuatan nanopartikel seperti metode sol-gel, kopresipitasi, hidrolisis (Hayle & Gonfa, 2014) telah berhasil mensintesis TiO<sub>2</sub> dengan prekursor TiCl<sub>4</sub> dengan metode sol-gel. Diketahui bahwa TiO<sub>2</sub> memiliki sifat antimikroba terhadap *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan bakteri lainnya (Ahmed et al., 2016), dengan menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang dapat merusak dinding sel bakteri (Haghighi et al., 2013).

Aktivitas antibakteri dari nanopartikel TiO<sub>2</sub> salah satunya dapat dilihat dengan metode difusi cakram dimana metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk menguji efektivitas antibakteri serta lebih efisien dan sederhana untuk melihat efektivitas antibakteri (Maryani et al., 2020), yaitu menggunakan kertas cakram yang telah dijenuhkan agen antibakteri dan kemudian

meletakkannya di atas media nutrient agar yang telah terdapat bakteri, yang selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang dan kemudian diamati adanya zona hambat pertumbuhan bakteri atau dengan melihat zona bening yang terbentuk disekitar kertas cakram (Maryam et al., 2019), kemudian zona hambat yang terbentuk disekitar kertas cakram diukur menggunakan jangka sorong (Bungan et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang dan beberapa permasalahan yang muncul terutama efek bakteri pada permukaan semen yang berdampak terhadap kesehatan. Pada penelitian (Maryani et al., 2020) telah menentukan pengaruh  $\text{TiO}_2$  terhadap sifat antibakteri pada glasir keramik, dan terbukti bahwa penambahan  $\text{TiO}_2$  ke dalam glasir menunjukkan sifat antibakteri terhadap bakteri seperti *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus*, dengan penambahan 5%  $\text{TiO}_2$  mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Eschericia coli* sebesar 6,3 mm dan bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 7,7 mm. Maka dari itu peneliti mengambil judul penelitian tentang Pengaruh Penambahan  $\text{TiO}_2$  sebagai agen antibakteri pada semen *Portland* dengan metode difusi cakram.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Lingkungan yang lembab dapat memicu infeksi mikroba di permukaan struktur semen
2. Bakteri *Eschericia coli* yang sering dijumpai pada tempat yang lembab menyebabkan masalah kesehatan
3. Penambahan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  sebagai agen antibakteri

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan permasalahan diatas didapatkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Nanopartikel yang digunakan yaitu  $\text{TiO}_2$
2. Semen yang digunakan yaitu semen *Portland*
3. Bakteri yang digunakan yaitu bakteri *Eschericia coli*
4. Variasi  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan ke dalam semen yaitu 0%,1%,3% dan 5% (% w/w)
5. Evaluasi antibakteri dengan penyinaran UV 0, 30 dan 60 menit
6. Pengujian aktivitas antibakteri dengan metode difusi cakram

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas nanopartikel  $\text{TiO}_2$  sebagai antibakteri pada semen *Portland*?
2. Bagaimana pengaruh variasi  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan pada semen *Portland* dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Eschericia coli*?

### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk:

1. Untuk mengetahui efektivitas nanopartikel  $\text{TiO}_2$  sebagai antibakteri pada semen *Portland*
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi  $\text{TiO}_2$  yang ditambah pada semen *Portland* dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Eschericia coli*

## **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

Memberikan informasi tentang pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  sebagai agen antibakteri pada semen *Portland* dengan metode difusi cakram.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Semen *Portland*

Semen *Portland* merupakan bahan dasar yang digunakan pada beton, plester dan mortar yang terdiri dari oksida kalsium, aluminium dan silika. Semen *Portland* dibuat dengan memanaskan klinker yang merupakan batu kapur sebagai sumber kalsium dengan tanah liat pada suhu sekitar 1350-1400°C dan digiling dengan *gypsum* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) menjadi bubuk halus (Chattopadhyay, 2019).



Gambar 1. Produk Semen *Portland*

Semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang terdiri dari batu kapur, tanah liat, pasir, dan serpih. Dinamakan semen *Portland* karena kemiripannya dengan batu *Portland*, batu kapur yang digali di Inggris (Dalton et al., 2004). Semen hidrolis terbentuk dan mengeras melalui reaksi kimia dengan air dan menjaga stabilitasnya di bawah air (Wilson, 2011).

Semen *Portland* anhidrat terdiri dari kapur ( $\text{CaO}$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), sejumlah kecil magnesium ( $\text{MgO}$ ), belerang trioksida ( $\text{SO}_3$ ), oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan oksida lainnya (Saleh & Eskander, 2020). Jika oksida

tersebut dicampur akan membentuk komponen utama dalam semen *Portland* diantaranya tricalcium silikat ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  atau  $\text{C}_3\text{S}$ ), dikalsium silikat ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  atau  $\text{C}_2\text{S}$ ), trikalsium aluminat ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$  atau  $\text{C}_3\text{A}$ ), tetrakalsium alumino ferit ( $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$  atau  $\text{C}_4\text{AF}$ ) (Wesselsky & Jensen, 2009).

Saat semen ditambahkan dengan air maka akan terjadi reaksi hidrasi yang dapat mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh dan menghasilkan produk hidrasi seperti kalsium silikat (C-S-H) dan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) (Zhang & Scherer, 2020). Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) ditambahkan sebagai pengisi semen untuk aktivitas fotokatalitiknya, ketika  $\text{TiO}_2$  ditambahkan pada semen *Portland*  $\text{TiO}_2$  bertindak sebagai pengisi rongga dan partikel  $\text{TiO}_2$  yang berukuran nano secara signifikan dapat mempengaruhi laju reaksi hidrasi semen.

Tabel 1. Komposisi kimia semen *Portland* (Ma et al., 2019)

Komposisi	%
$\text{SiO}_2$	21.47
$\text{Al}_2\text{O}_3$	5.84
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2.85
$\text{CaO}$	61.44
$\text{MgO}$	2.44
$\text{SO}_3$	2.42
$\text{K}_2\text{O}$	0.59
$\text{Na}_2\text{O}$	0.32
LOI	1.78

Semen *Portland* berwarna keabu-abuan, warna ini berasal dari bahan baku yang mengandung konsentrasi besi, krom, dan mangan oksida yang sangat

rendah. Kualitas produk semen *Portland* didasarkan pada kehalusan bahan baku, kehalusan partikel mempengaruhi homogenitas produk, ukuran partikel yang kasar menyebabkan ketidakhomogenan pada bahan baku semen, sehingga menghasilkan volume lokal dengan komposisi kimia yang menyimpang dari komposisi rata-rata ukuran partikel bahan mentah murni seperti batu kapur dan pasir memiliki pengaruh yang lebih penting daripada bahan baku campuran lainnya seperti napal, yang memiliki homogenitas tertentu (Telschow et al., 2012).

Kehalusan semen dapat mempengaruhi konsistensi normal dan waktu pengerasan dimana semakin halus suatu semen, luas permukaannya menjadi semakin besar, sehingga lebih banyak air yang dibutuhkan untuk mencapai konsistensi normal serta reaksi hidrasi dan waktu pengerasan cepat, serta panas hidrasi dan kekuatan tekan semakin tinggi. Jika semen kasar dapat menurunkan kuat tekan dan stabilitas nya.

Bahan utama mortar, pasta dan beton yaitu air, ada fase dalam semen *Portland* harus bereaksi dengan air untuk mengembangkan kekuatan, selain itu jumlah air yang ditambahkan ke campuran juga dapat mengontrol daya tahan. Salah satu sifat yang penting dari semen yaitu kuat tekan. Kuat tekan didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menahan beban tekan. Perbedaan kuat tekan semen dapat dilihat pada komposisi mineral, kadar kapur bebas, magnesium, kadar gipsum, temperatur, rasio air terhadap semen, kadar agregat, metode perlakuan. Perkembangan kuat tekan semen sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia dari mineral-mineral semen yang ada (Purnawan & Prabowo, 2017).

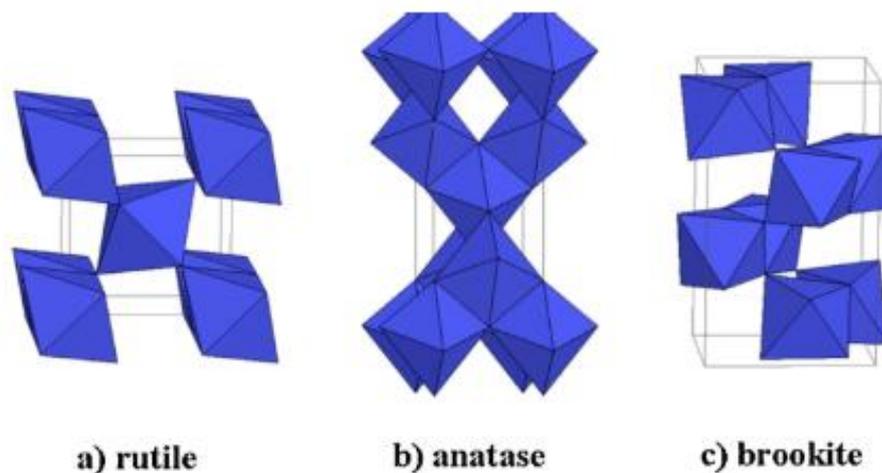
## B. Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)



Gambar 2. Titanium Dioksida

Titanium dioksida, sering dikenal sebagai titania (TiO<sub>2</sub>), pertama kali disintesis secara komersial pada tahun 1923. Titanium dioksida berwujud putih, tidak berbau, tidak mudah terbakar, TiO<sub>2</sub> memiliki tiga fase utama yaitu rutil, anatase, dan brookite. TiO<sub>2</sub> ditemukan terutama dalam fase rutil dan anatase, keduanya mengandung struktur tetragonal. Rutil merupakan fase stabil pada suhu tinggi dengan celah pita energi optik 3,0 eV (415 nm), sedangkan anatase terbentuk pada suhu yang lebih rendah dengan celah pita energi optik 3,2 eV (380 nm) dan indeks bias 2,3 (Thamaphat et al., 2008).

Rutil (tetragonal), anatase (tetragonal), dan brookite (ortorombik) merupakan tiga polimorf TiO<sub>2</sub> yang berbeda. Rutil merupakan bentuk alami titania yang paling melimpah, serta yang paling banyak dipelajari dan terkenal dari tiga polimorf, dengan energi bebas terendah. Anatase merupakan bentuk yang tidak umum berbeda dengan bentuk lain (Regonini et al., 2013). Anatase dan Brookite merupakan fase metastabil dan mudah berubah menjadi rutil jika dipanaskan (Myint et al., 2017).



Gambar 3. Struktur *rutile*, *anatase*, dan *brookite*

TiO<sub>2</sub> tidak terdapat di alam secara alami tetapi diekstrak dari *leucocene* dan bijih *ilmenite* (Dewan et al., 2010). Selain itu untuk mendapatkan TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan metode sintesis seperti metode sol-gel (Hayle & Gonfa, 2014), metode kopresipitasi, metode hidrotermal, metode solvothermal (Chen & Mao, 2007) dengan menggunakan prekursor TiO<sub>2</sub> yang umum meliputi (Titanium (iv) klorida) atau TiCl<sub>4</sub>, TiCl<sub>3</sub>, Titanium Isopropoksida.

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) atau titanium oksida, titania, atau titanium IV oksida merupakan oksida logam transisi serbaguna yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi saat ini dan masa depan seperti katalisis, antibakteri, elektronik, cat, obat-obatan (Theivasanthi & Alagar, 2013). Anatase merupakan fase kristal TiO<sub>2</sub> yang menunjukkan karakteristik terbaik sebagai fotokatalis, antibakteri dan optoelektronik (Maryani et al., 2020).

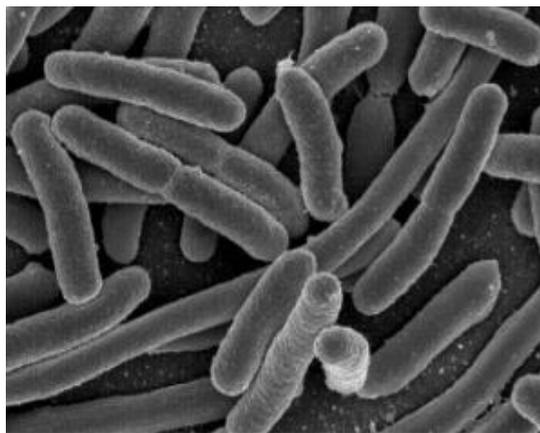
Ukuran nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang kecil dan rasio permukaan terhadap volume yang tinggi mengalami tingkat interaksi yang lebih tinggi dengan permukaan sel bakteri daripada partikel yang lebih besar sehingga menghasilkan aktivitas antibakteri yang tinggi (Anandgaonker et al., 2019). Karena sifatnya yang

menarik stabilitas kimia, sifat optik yang baik, indeks bias tinggi, biaya rendah, dan tidak beracun, TiO<sub>2</sub> dapat digunakan dalam lingkungan dan bangunan seperti ubin, beton, cat dan kaca (Haider et al., 2017).

TiO<sub>2</sub> terkenal dengan aplikasi potensial nya dibidang fotokatalisis dan fotoelektrokimia karena transmisi optiknya yang sangat baik. Salah satu aplikasi nanopartikel TiO<sub>2</sub> sebagai antibakteri terutama fase anatase telah banyak produk bahan TiO<sub>2</sub> berstruktur nano digunakan sebagai bahan konstruksi. Nanopartikel TiO<sub>2</sub> memiliki kemampuan untuk membunuh mikroba sehingga kinerja katalisis TiO<sub>2</sub> dapat dipakai sebagai antimikroba TiO<sub>2</sub> dapat digunakan untuk membunuh bakteri (Fujishima et al., 2012).

### C. *Eschericia coli* (E.coli)

Bakteri *Eschericia coli* ditemukan oleh Theodor Escherich pada tahun 1885. E.coli berbentuk batang dan memiliki panjang sekitar 2 mikrometer, dengan diameter 0.5 mikrometer. E.coli dapat hidup pada suhu 20-40°C dan suhu pertumbuhan optimumnya 37°C (Sutiknowati, 2016).



Gambar 4. Bakteri *Eschericia coli*

*Escherichia coli* dapat diklasifikasikan dalam famili *Enterobacteriaceae* dan kelas *Gammaproteobacteria*. *Escherichia coli* dapat tumbuh dengan cepat di

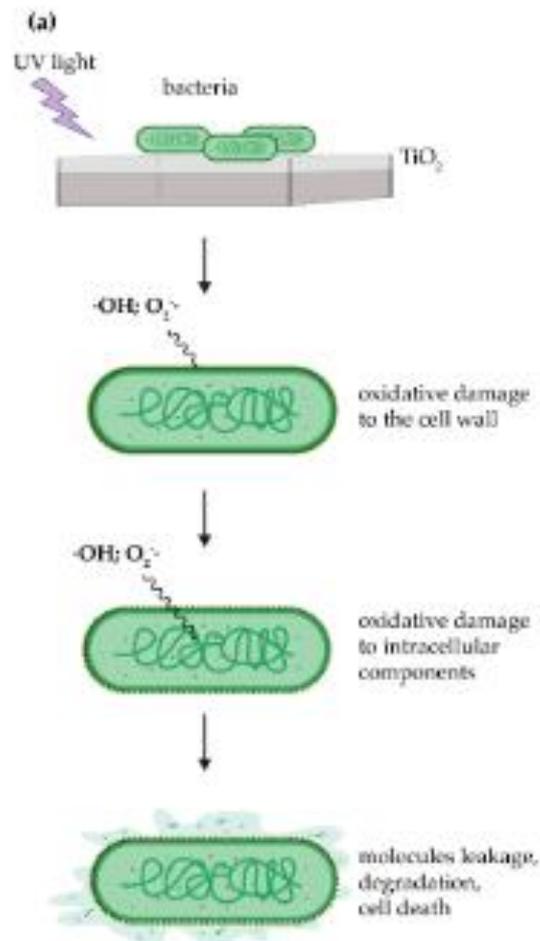
bawah kondisi pertumbuhan yang optimal, dan bereplikasi dalam 20 menit, Bakteri ini terdapat di saluran usus bagian bawah hewan berdarah panas, termasuk manusia (Jang et al., 2017).

*Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif, bakteri ini memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis dengan tambahan membran luar yang terdiri dari lipopolisakarida. Pada bakteri *Escherichia coli* sel ditutupi oleh lapisan lipopolisakarida dengan ketebalan 1-3  $\mu\text{m}$  dan peptidoglikan dengan ketebalan sekitar 8 nm (Slavin et al., 2017). *Escherichia coli* berbentuk batang yang hidup di usus manusia dan mamalia lainnya. Hal ini dapat berkembang dengan cepat pada media minimum yang mengandung senyawa karbon seperti glukosa (yang bertindak sebagai karbon dan sumber energi) serta garam yang memasok nitrogen, fosfor, dan logam. *E.coli* berkembang lebih cepat dalam media kaya yang memasok asam amino, prekursor nukleotida, vitamin, dan metabolit lain yang seharusnya dihasilkan sel (Elbing & Brent, 2019).

*Escherichia coli* dapat bertahan hidup dalam jangka waktu yang lama di lingkungan dan berpotensi untuk bereplikasi di air, alga dan tanah yang beriklim tropis, subtropis dan sedang. Kemampuan *Escherichia coli* untuk bertahan hidup dan tumbuh di lingkungan kemungkinan besar karena keserbagunaannya dalam memperoleh energi. *Escherichia coli* dapat tumbuh baik di bawah kondisi aerobik dan anaerobik, yang mungkin mereka hadapi di berbagai lingkungan yang berubah ubah termasuk lingkungan yang lembab. Bakteri *Escherichia coli* dapat menyebabkan penyakit pada manusia seperti diare, asma dan infeksi saluran pernafasan (Ishii & Sadowsky, 2008).

#### D. Efek Antibakteri TiO<sub>2</sub>

Nanopartikel oksida logam TiO<sub>2</sub> memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram negatif seperti bakteri *Eschericia coli*. TiO<sub>2</sub> anatase telah terbukti sebagai fase yang paling kuat sebagai antibakteri sekaligus fotokatalitik. Nanopartikel TiO<sub>2</sub> menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang dapat memberikan efek menghancurkan membran sel mikroba (Haghighi et al., 2013).



Gambar 5. Mekanisme antibakteri TiO<sub>2</sub>

(Sunada et al., 2003) mengusulkan mekanisme tiga langkah untuk fotokilling bakteri dengan permukaan TiO<sub>2</sub> yang diiradiasi (Gambar 5),

(1) serangan dinding sel oleh ROS, (2) gangguan membran sitoplasma bagian dalam, dan (3) degradasi membran komponen intraseluler.

Setelah penyinaran UV pada  $\text{TiO}_2$  dihasilkan ROS (*Species Oxygen Reactive*) yaitu radikal hidroksil ( $\text{OH}\cdot$ ) dan anion superoksida ( $\cdot\text{O}_2^-$ ) yang terlebih dahulu merusak lapisan dinding sel, sehingga memungkinkan kebocoran molekul kecil seperti ion, dan kemudian ROS dapat menembus sel lebih jauh sehingga menyebabkan degradasi komponen internal dan kebocoran molekul sehingga terjadi kematian sel (Bono et al., 2021).

Aktivitas antibakteri nanopartikel  $\text{TiO}_2$  disebabkan oleh destruksi oksidatif sebagian besar bisa dilewati oleh ROS seperti  $\cdot\text{O}_2^-$ ,  $\cdot\text{OH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Spesies teradsorpsi (seperti air dan oksigen) menghasilkan ROS melalui reaksi redoks antara spesies dan elektron dan lubang yang dihasilkan oleh penyinaran  $\text{TiO}_2$  dengan UV atau sinar matahari. Studi pada bakteri gram negatif seperti *Escherichia coli* mengungkapkan ( $\text{OH}\cdot$ ) radikal hidroksil dan anion superoksida ( $\cdot\text{O}_2^-$ ) menjadi alasan utama untuk efek antibakteri (Chaudhary et al., 2019).

ROS diproduksi ketika oksigen memasuki keadaan reduksi yang tidak diinginkan dan berubah menjadi radikal bebas, superoksida dan peroksida (Slavin et al., 2017). Spesies aktif ini menghancurkan membran luar bakteri, yaitu fosfolipid, protein dan lipopolisakarida dan akhirnya merusak bakteri sehingga dapat menyebabkan kematian sel (Maryam et al., 2019).

Uji antibakteri dapat dilakukan dengan melihat zona bening yang menunjukkan bahwa keberadaan zat aktif dari  $\text{TiO}_2$  dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Aktivitas antibakteri  $\text{TiO}_2$  disebabkan oleh sifat fotokatalitiknya, dimana  $\text{TiO}_2$  memiliki celah pita 3,2 eV dan dapat menghasilkan

•OH, •O<sub>2</sub><sup>-</sup> dari *Reactive Oxygen Species* (ROS). Radikal ini akan berinteraksi dengan senyawa organik pada membran sel (dinding peptidoglikan) hingga sel bakteri mengalami lisis (Maryani et al., 2020).

#### E. *X-Ray Diffraction* (XRD)

XRD digunakan untuk analisis ukuran kristal, struktur kristal, dan kristalinitas nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang telah disintesis (Cassaignon et al., 2007). *X-Ray Diffraction* (XRD) memberi informasi mengenai konstanta kisi fase, ukuran butir rata-rata, cacat kristal, derajat kristalinitas (Khan et al., 2020).



Gambar 6. Instrumen XRD

Selain itu XRD dapat memberikan informasi tambahan mengenai ukuran kristal. Rata-rata ukuran kristal dapat dihitung dengan pelebaran puncak puncak difraksi menggunakan persamaan Scherrer:

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

Keterangan:

d : ukuran kristal dalam nanometer

K : konstanta Scherrer (0,89)

$\lambda$  : panjang gelombang dari berkas sinar-X (0,15406 nm)

$\beta$  : lebar penuh pada setengah intensitas maksimum(FWHM) dalam radian

$\Theta$  : sudut bragg (Hayle & Gonfa, 2014).

XRD dapat digunakan untuk mempelajari struktur kristal material karena memiliki panjang gelombang antara 0.2 dan 10 nm. Dalam XRD, berkas sinar-X terkolimasi dihamburkan oleh kisi periodik sampel sebagai akibat interaksi foton dengan elektron dalam bahan menggunakan proses hamburan elastik dan koheren. Semua bahan kristal, ketika disinari dengan sinar-X, menyebabkan interferensi konstruktif dan destruktif dari berkas sinar-X yang tersebar, menciptakan struktur atom yang unik dengan beberapa titik tajam yang disebut puncak difraksi Bragg (Kaliva & Vamvakaki, 2010).

XRD merupakan sebuah teknik yang dipakai dalam mencari tahu adanya fasa kristalin didalam serbuk, serta mengidentifikasi sifat struktur diantaranya ukuran butir, fasa komposisi orientasi kristal, serta 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 (Munasir et al., 2012).

#### **F. *Scanning Electron Microscopy (SEM)***

SEM merupakan instrumen yang mampu memeriksa dan menganalisis material dengan resolusi tinggi. SEM digunakan untuk mengamati permukaan material yang mampu mencapai gambar visual detail dari sebuah partikel dengan kualitas tinggi dan resolusi spasial 1 nm, selain itu jenis elemen dan senyawa yang terdiri dari sampel relatifnya serta pengaturan atom dalam partikel kristal tunggal

serta derajat keteraturannya juga dapat diberikan. Keuntungan yang lebih besar dari SEM yaitu memberikan peneliti lebih banyak kontrol dalam tingkat pembesaran karena lensa digantikan oleh elektromagnet.



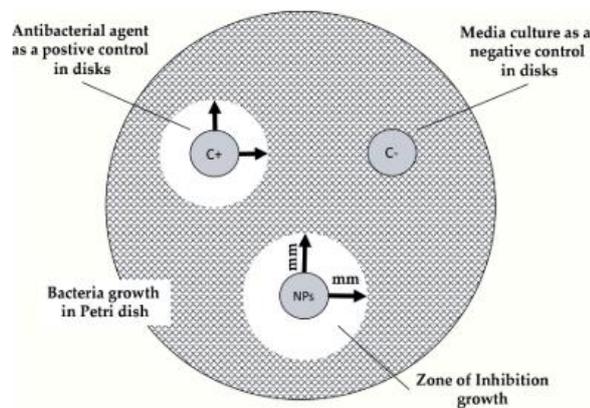
Gambar 7. Instrumen SEM

SEM berguna untuk menganalisis permukaan spesimen, komponen dari SEM, yang meliputi pistol elektron (sumber elektron dan anoda percepatan), lensa elektromagnetik untuk memfokuskan elektron, ruang vakum yang menampung tahap spesimen, dan pilihan detektor untuk mengumpulkan sinyal yang dipancarkan dari spesimen (Inkson, 2016).

Pada SEM sampel ditembak dengan elektron berenergi tinggi kemudian elektron/sinar-X yang dipancarkan dianalisis. Berkas elektron/sinar-X ini memberikan informasi tentang topografi material, morfologi, komposisi, orientasi butir, dan informasi kristalografi dari suatu material. Informasi tentang fitur permukaan dan tekstur, bentuk, ukuran dan susunan partikel yang terletak di permukaan sampel. Jenis unsur dan senyawa sampel terdiri dari dan rasio relatifnya serta susunan atom dalam partikel kristal tunggal dan derajat keteraturannya juga dapat diberikan (Akhtar et al., 2018).

## G. Metode Difusi Cakram

Metode difusi cakram merupakan salah satu metode pengujian kerentanan yang paling fleksibel dalam hal agen antimikroba yang dapat diuji. Metode ini terdiri dari menempatkan piringan kertas(kertas cakram) yang telah dijenuhkan dengan agen antimikroba yang berisi bakteri di permukaan media agar, kemudian diinkubasi dan mengukur ada atau tidaknya zona hambat pertumbuhan bakteri di sekitar piringan (kertas cakram) (Tenover, 2015).



Gambar 8. Metode Difusi Cakram (Vega-Jiménez et al., 2019).

Metode difusi cakram paling banyak digunakan karena lebih nyaman, lebih efisien, tidak rumit, dan lebih murah. Ukuran nanopartikel, laju difusi, porositas agar, dan kemungkinan interaksi muatan antara agen antimikroba dan agar dapat mempengaruhi ukuran akhir zona difusi dan inhibisi. Pada difusi cakram terdapat kontrol positif yang berfungsi sebagai perbandingan kinerja antibakteri dan kontrol negatif digunakan untuk mengetahui pengaruh pelarut terhadap pertumbuhan bakteri uji (Maryani et al., 2020).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  sebagai agen antibakteri pada Semen *Portland* mengakibatkan meningkatnya daya hambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Variasi terbaik yang dihasilkan adalah dengan penambahan 5%  $\text{TiO}_2$  pada semen *Portland* dengan penyinaran UV selama 60 menit dengan diameter zona hambat sebesar 7,35mm .
2. Hasil karakterisasi  $\text{TiO}_2$  dengan XRD diperoleh kristal berbentuk anatase dengan ukuran kristal 15,732 nm, dan hasil SEM menunjukkan bahwa tidak ada reaksi yang terjadi antara Semen dan  $\text{TiO}_2$  dalam sampel Semen- $\text{TiO}_2$  dan tidak ada pembentukan fasa lain pada Semen- $\text{TiO}_2$ .

## **B. Saran**

1. Melakukan penelitian lebih lanjut menggunakan nanopartikel lain sebagai agen antibakteri dan menggunakan konsentrasi yang lebih tinggi.
2. Melakukan penelitian dengan metode yang berbeda serta melakukan uji efektivitas antibakteri terhadap bakteri lain untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. A., M. El-Shennawy, Althomali, Y. M., & Omar, A. A. (2016). Effect of Titanium Dioxide Nano Particles Incorporation on Mechanical and Physical Properties on Two Different Types of Acrylic Resin Denture Base. *World Journal of Nano Science and Engineering*, 06(03), 111–119. <https://doi.org/10.4236/wjnse.2016.63011>
- Akhtar, K., Khan, S. A., Khan, S. B., & M.Asiri, A. (2018). *Scanning electron microscopy: Principle and applications in nanomaterials characterization. Handbook of Materials Characterization*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2\\_4](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(September 2019), 115349. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115349>
- Anandgaonker, P., Kulkarni, G., Gaikwad, S., & Rajbhoj, A. (2019). Synthesis of TiO<sub>2</sub> nanoparticles by electrochemical method and their antibacterial application. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(8), 1815–1822. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.12.015>
- Aprilla, W. R., & Haris, A. (2016). Sintesis Semikonduktor TiO<sub>2</sub> serta Aplikasinya pada Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Dye Indigo Carmine. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), 111–117. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.3.111-117>
- Arora, B., Murar, M., & Vinayak., D. (2015). Antimicrobial potential of TiO<sub>2</sub> nanoparticles against MDR *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Experimental Nanoscience*, 10(11), 819–827. <https://doi.org/10.1080/17458080.2014.902544>
- Bono, N., Ponti, F., Punta, C., & Candiani, G. (2021). Effect of UV irradiation and TiO<sub>2</sub>-photocatalysis on airborne bacteria and viruses: An overview. *Materials*, 14(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ma14051075>
- Bungan, G. K., Aritonang, H. F., & Wuntu, A. D. (2021). Pembuatan Nanokomposit Kitosan/TiO<sub>2</sub>/Ag dan Analisis Aktivasnya Sebagai Antibakteri, 14(1), 32–39. <https://doi.org/https://doi.org/10.35799/cp.14.1.2021.34128>
- Cassaignon, S., Koelsch, M., & Jolivet, J. P. (2007). From TiCl<sub>3</sub> to TiO<sub>2</sub> nanoparticles (anatase, brookite and rutile): Thermohydrolysis and oxidation in aqueous medium. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 68(5–6), 695–700. <https://doi.org/10.1016/j.jpics.2007.02.020>
- Chattopadhyay, B. (2019). *Genetically-enriched microbe-facilitated self-healing nano-concrete. Smart Nanoconcretes and Cement-Based Materials:*