

**APLIKASI NANOPARTIKEL CuO SEBAGAI AGEN
ANTIBAKTERI PADA SEMEN *PORTLAND***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh:

RIDA OPPI RAMADHANI

NIM/TM. 18036072/2018

PROGRAM STUDI KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2023

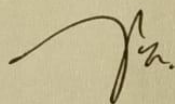
PERSETUJUAN SKRIPSI

**APLIKASI NANOPARTIKEL CuO SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI
PADA SEMEN *PORTLAND***

Nama : Rida Oppi Ramadhani
NIM : 18036072
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

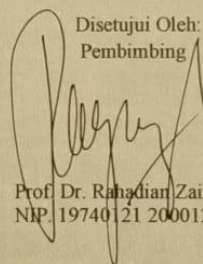
Padang, 09 Februari 2023

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 200012 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

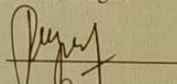
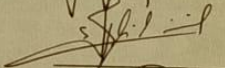
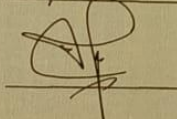
Nama : Rida Oppi Ramadhani
NIM : 18036072
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**APLIKASI NANOPARTIKEL CuO SEBAGAI AGEN 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, 09 Februari 2023

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Prof. Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.	
Anggota	: Dra. Syamsi Aini, M.Si., Ph.D.	
Anggota	: Dr. Fajriah Azra, S.Pd., M.Si.	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rida Oppi Ramadhani
NIM/TM : 18036072/2018
Tempat/Tanggal lahir : Padang/18 Desember 1999
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Jalan Wirasakati VI No. 10
No. HP/Telp : 083157670220
Judul Skripsi : Aplikasi Nanopartikel CuO sebagai Agen Antibakteri pada Semen *Portland*

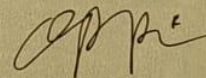
Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di 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, 09 Februari 2022

Yang menyatakan



Rida Oppi Ramadhani
NIM. 18036072

Aplikasi Nanopartikel CuO sebagai Agen Antibakteri pada Semen *Portland*

Rida Oppi Ramadhani

ABSTRAK

Pada kondisi lingkungan yang memiliki tingkat kelembapan yang relatif tinggi, dapat memicu masalah kesehatan pada masyarakat di lingkungan tempat tinggal. Kondisi lingkungan yang lembap dapat menyebabkan permukaan interior bangunan menjadi tempat yang sangat baik bagi pertumbuhan bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penambahan nanopartikel CuO sebagai agen antibakteri pada semen *Portland* dengan bakteri *Escherichia coli* sebagai model bakteri. Evaluasi sifat antibakteri pada Semen-CuO dilakukan dengan menggunakan metode uji difusi cakram. Uji dilakukan dengan memvariasikan penambahan CuO ke semen *Portland* sebesar 0%, 1%, 3% dan 5% (%b/b) dan dilakukan pengadukan CuO tanpa sonikasi dan dengan bantuan sonikasi untuk mendapatkan dispersi yang sempurna. Karakterisasi CuO dilakukan dengan menggunakan instrumen XRD untuk mendapatkan informasi mengenai struktur, kristalinitas dan ukuran CuO yang telah disintesis. Morfologi permukaan Semen-CuO diamati dengan menggunakan instrumen SEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri terbaik didapatkan dengan penambahan CuO sebanyak 3% ke dalam semen *Portland* yang menghasilkan ukuran zona hambat sebesar 7 mm dengan pengadukan menggunakan ultrasonik. Kehadiran zona hambat menunjukkan bahwa Semen-CuO yang dihasilkan menunjukkan efek penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*.

Kata Kunci: Antibakteri, CuO, Difusi Cakram, *Escherichia coli*, Semen *Portland*.

Application of CuO Nanoparticles as Antibacterial Agents in Portland Cement

Rida Oppi Ramadhani

ABSTRACT

In environmental conditions that have a relatively high level of humidity, it can trigger health problems in the people in the residential environment. Humid environmental conditions can cause the interior surface of the building to become an excellent place for the growth of bacteria. This study aims to determine the effectiveness of adding CuO nanoparticles as antibacterial agents in *Portland* cement with *Escherichia coli* bacteria as a bacterial model. Evaluation of antibacterial properties in Semen-CuO is carried out using the disc diffusion test method. The test was carried out by varying the addition of CuO to *Portland* cement by 0%, 1%, 3% and 5% (% w/w) and was carried out stirring cuO without sonication and with the help of sonication to obtain a perfect dispersion. Characterization of CuO is carried out using the XRD instrument to obtain information regarding the structure, crystallinity and size of the synthesized CuO. The morphology of the cement-CuO surface was observed using sem instruments. The results showed that the best antibacterial effectiveness was obtained by the addition of CuO as much as 3% into *Portland* cement which resulted in an inhibitory zone size of 7 mm by stirring using ultrasonics. The presence of an inhibitory zone indicates that the resulting Cement-CuO shows an inhibitory effect on the growth of *Escherichia coli* bacteria.

Keyword: Antibacterial, CuO, Diffusion Discs, *Escherichia coli*, Portland Cement.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “APLIKASI NANOPARTIKEL CuO SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI PADA SEMEN *PORTLAND*”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana sains.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, petunjuk, arahan dan masukan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing dan sekaligus penasehat akademik
2. Dra. Syamsi Aini, M.Si., Ph.D. dan Dr. Fajriah Azra, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembahas
3. Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Departemen Kimia FMIPA UNP
4. Bapak dan Ibu dosen Departemen Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak dan Ibu Laboran dan Karyawan Urusan Departemen Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
6. Orang tua dan teman-teman kimia 2018.

Semoga bimbingan dan bantuan yang Bapak, Ibu dan teman-teman berikan dapat menjadi amal kebaikan dan memperoleh balasan yang lebih baik dari Allah SWT.

Penulisan skripsi ini telah dilakukan dengan sebaik-sebaiknya, namun agar skripsi ini mendekati kata sempurna, penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari pembaca. Atas masukan dan saran penulis mengucapkan banyak terima kasih

Padang, Januari 2023

Rida Oppi Ramadhani

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 Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Semen <i>Portland</i>	8
1. Reaksi Hidrasi Semen	8
2. Syarat Mutu Semen <i>Portland</i>	11
B. Nanopartikel CuO	11
C. Metode Sol-Gel	17
D. Bakteri <i>Escherichia coli</i>	19
E. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	21
F. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	23
G. Metode Difusi Cakram	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
A. Waktu dan Tempat Penelitian	26
B. Objek Penelitian	26
C. Variabel Penelitian	26
D. Alat dan Bahan	26
E. Prosedur Kerja Penelitian	27
1) Sintesis Nanopartikel CuO	27
2) Karakterisasi Nanopartikel CuO	27

3) Penambahan Nanopartikel CuO pada Semen <i>Portland</i>	27
4) Uji Aktivitas Antibakteri	28
5) Karakterisasi Semen-CuO	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Sintesis Nanopartikel CuO.....	30
B. Karakterisasi Nanopartikel CuO	31
C. Uji Aktivitas Antibakteri.....	33
D. Karakterisasi Semen-CuO.....	43
BAB V PENUTUP.....	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram aliran panas dan panas kumulatif dalam 48 jam hidrasi.....	10
Gambar 2. CuO	12
Gambar 3. Mekanisme toksisitas nanopartikel tembaga oksida terhadap bakteri	15
Gambar 4. Langkah-langkah dalam proses sol-gel pada sintesis MONPs.....	18
Gambar 5. Perbandingan struktur sel dinding bakteri.....	19
Gambar 6. Bentuk batang atau basil Escherichia coli.....	20
Gambar 7. Pola XRD	21
Gambar 8. Sinyal utama yang dipancarkan sebagai hasil interaksi antara berkas elektron dan sampel.....	24
Gambar 9. Metode Difusi Cakram	25
Gambar 10. Pengukuran Zona Hambat Bakteri	29
Gambar 11. Proses pengadukan dan pemanasan larutan	31
Gambar 12. Nanopartikel CuO	31
Gambar 13. Hasil XRD CuO	32
Gambar 14. Skema Pengujian Antibakteri.....	34
Gambar 15. Hasil Pengujian Antibakteri Tanpa Sonikasi	39
Gambar 16. Hasil Pengujian Antibakteri dengan Sonikasi.....	40
Gambar 17. Diagram batang perbandingan rata-rata diameter zona hambat.....	41
Gambar 18. Skema Proses Metode Dispersi Nanopartikel dengan Ultrasonik.....	41
Gambar 19. Proses Sonikasi Sampel.....	42
Gambar 20. Morfologi permukaan Semen-CuO dengan instrumen SEM.....	43
Gambar 21. SEM C-S-H gel	44
Gambar 22. SEM Nanopartikel CuO	44
Gambar 23. SEM Portlandite	44
Gambar 24. (A) Stick Pattern CuO (B) Difraktogram Sampel CuO.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Syarat Kimia Semen Portland	11
Tabel 2. Beberapa asam dan basa keras-lunak.....	13
Tabel 3. Kategori Daya Hambat Bakteri Menurut Davis-Stout.....	25
Tabel 4. Rata-rata diameter zona hambat dan respon hambatan pertumbuhan dengan pengadukan CuO tanpa ultrasonik	36
Tabel 5. Rata-rata diameter zona hambat dan respon hambatan pertumbuhan dengan pengadukan CuO menggunakan ultrasonik	40
Tabel 6. Tabel Data Kristal CuO.....	60
Tabel 7. Data Daya Hambat Bakteri dengan Pengadukan CuO tanpa menggunakan Ultrasonik.....	62
Tabel 8. Data Daya Hambat Bakteri dengan Pengadukan CuO menggunakan Ultrasonik.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel CuO	53
Lampiran 2. Skema Penambahan Nanopartikel CuO pada <i>Semen Portland</i>	53
Lampiran 3. Skema Uji Aktivitas Antibakteri.....	54
Lampiran 4. Perhitungan	55
Lampiran 5. Desain Penelitian	57
Lampiran 6. Spektrum XRD hasil karakterisasi	58
Lampiran 7. Tabel Data Kristal CuO	60
Lampiran 8. Hasil Data SEM Semen-CuO.....	61
Lampiran 9. Data Daya Hambat Bakteri	62
Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian	63
Lampiran 11. Anggaran Biaya	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Semen merupakan salah satu bahan dasar utama yang digunakan pada pembangunan konstruksi, sehingga semen menjadi salah satu komoditas yang strategis. Menurut data dari Asosiasi Semen Indonesia, konsumsi semen dalam negeri meningkat tajam khususnya di luar Pulau Jawa. Total konsumsi semen dalam negeri pada bulan Januari 2022 sekitar 5,28 juta ton, naik 7,6% dibandingkan bulan Januari tahun lalu. Adapun konsumsi semen pada tahun 2021 tercatat sebesar 66,21 juta ton, naik 5,9% dari 2020 sebesar 62,51 juta ton (Lestari, 2022).

Semen *Portland* merupakan bahan konstruksi yang digunakan sebagai bahan pengikat atau perekat. Namun, pada kondisi lingkungan yang lembap dapat memicu infeksi mikroba seperti bakteri, jamur, dan serangga pada permukaan struktur semen. Hal tersebut dikarenakan pada kondisi lembap dapat memudahkan terjadinya perlekatan mikroba yang disebabkan adanya kelembapan yang relatif tinggi membuat permukaan interior bangunan dapat menjadi tempat yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroba (Dyshlyuk et al., 2020), sehingga dibutuhkan pengembangan bahan berbasis semen yang dapat berfungsi sebagai antimikroba (Klapiszewska et al., 2021). Hal tersebut diperlukan karena sebagian besar masalah kesehatan dapat disebabkan oleh keberadaan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, protozoa, dan virus yang dapat mengakibatkan masalah kesehatan bagi penghuni di lingkungan tempat tinggal (Gutiérrez et al., 2020).

Pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi belakangan ini, nanoteknologi telah mendapat banyak perhatian pada bidang fisika, kimia, biologi, nanomedicine, dan elektronik. Nanopartikel juga ikut andil dalam bidang ilmu pengetahuan, industri, dan lembaga penelitian dikarenakan ukurannya yang sangat kecil (Waris et al., 2021). Nanopartikel yang juga dikenal sebagai nanomaterial memiliki ukuran yang kecil dalam skala molekuler dan memiliki berbagai sifat fisik dan kimia. Beberapa contoh nanopartikel terdiri dari ion logam seperti Au, Ag, Pd, Pt, Zn, Fe, dan Cu, dan oksida logam seperti Ag_2O , NiO, ZnO, CuO, FeO, dan CeO_2 (Teow et al., 2018).

Nanopartikel dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri dikarenakan secara umum ukuran sel bakteri berada dalam ukuran sekitar mikrometer, sedangkan membran sel luarnya memiliki ukuran pori-pori dalam kisaran nanometer. Dikarenakan nanopartikel berukuran lebih kecil dibandingkan pori-pori bakteri, maka nanopartikel memiliki kemampuan unik untuk menembus membran sel bakteri (Dadi et al., 2019). Penggunaan nanopartikel yang memiliki sifat antibakteri dapat dimanfaatkan dalam komposisi semen. Semen yang telah dimodifikasi menjadi antibakteri memiliki potensi yang menjanjikan untuk digunakan pada bidang konstruksi (Dehkordi et al., 2021).

Nanopartikel berdasarkan oksida logam telah membangkitkan minat yang besar dikarenakan memiliki banyak sifat unik yang terkait dengan ukuran partikel nano (Bouafia et al., 2020). Aktivitas antimikroba pada oksida logam menarik perhatian untuk digunakan sebagai agen antimikroba, di mana penggunaan oksida logam ini memiliki keuntungan seperti: aktivitas antimikroba yang baik pada konsentrasi nanopartikel yang rendah (Paul & Neogi, 2019), oksida mengandung

unsur-unsur yang melimpah di alam, sangat penting bagi manusia dan dapat memberikan aktivitas antimikroba yang tinggi dalam jumlah kecil tanpa adanya cahaya. Selain itu, oksida logam sederhana banyak digunakan dalam teknologi modern (Dyshlyuk et al., 2020).

Nanopartikel Tembaga (II) Oksida (CuO) menunjukkan potensi yang tinggi dalam nanopartikel oksida logam karena memiliki biaya yang relatif rendah, optik, katalitik dan sifat antimikroba (Muthuvel et al., 2020). CuO dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri dikarenakan memiliki toksisitas yang relatif rendah terhadap sel manusia, biaya yang relatif rendah, memiliki penghambatan efektif terhadap berbagai bakteri, kemampuan untuk mencegah pembentukan biofilm dan bahkan dapat menghilangkan spora (Stankic et al., 2016). Nanopartikel CuO yang berukuran nanometer memiliki ukuran yang lebih kecil dari ukuran pori membran, sehingga nanopartikel ini dapat dengan mudah menembus membran sel dan mencegah pertumbuhan bakteri (Kalita & Karmakar, 2020). Selain itu, nanopartikel CuO menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang berinteraksi dengan membran sel bakteri untuk masuk ke dalam sel yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan bakteri. Nanopartikel CuO menghancurkan membran sel bakteri melalui produksi ROS (Gold et al., 2018).

Dewasa ini permasalahan dalam penggabungan nanopartikel ke dalam komposit berbasis semen adalah dispersi yang tidak tepat dalam matriks semen. Nanopartikel yang memiliki ukuran di bawah 100 nm, setelah diaplikasikan ke dalam komposit semen dapat menyebabkan terjadinya aglomerasi, sehingga nanopartikel menjadi berukuran dari 1 sampai 10 μm (Horszczaruk et al., 2020). Aglomerasi nanopartikel mengakibatkan penurunan aktivitas kimia dan fisiknya

sehingga menghambat efisiensinya dalam kinerja aktivitas antibakteri dikarenakan aglomerasi dapat mengurangi luas permukaan spesifik nanopartikel dan adanya pembentukan aglomerat ini menghambat dispersi nanopartikel yang tepat dalam campuran semen (Korayem et al., 2017).

Pada penelitian pembuatan geopolimer dengan nanopartikel TiO_2 (GP), hasil uji antibakteri *Escherichia coli* untuk sampel GP diamati dengan difusi cakram. Penghambatan yang dihasilkan memuaskan dan membentuk zona hambat di sekitar sampel. Selain itu, ketika sampel GP dikeluarkan dari nutrisi agar, tidak ada bakteri yang ditemukan di bawah sampel (Gutiérrez et al., 2020). Penggunaan nanopartikel CuO sebagai agen antibakteri pada pembuatan geopolimer mendapatkan hasil bahwa nanopartikel CuO dapat memberikan efektivitas antibakteri serta peningkatan terhadap kuat tekan baik pada bakteri *Bacillus subtilis* (gram positif) maupun bakteri *Escherichia coli* (gram negatif) (Akhmad & Kusumastuti, 2020).

Pada penelitian ini, dilakukan sintesis nanopartikel CuO yang merupakan nanopartikel oksida logam sebagai antibakteri untuk ditambahkan ke dalam semen *Portland* dengan menggunakan metode sol-gel. Kelebihan dengan mensintesis nanopartikel dengan metode sol-gel yaitu dikarenakan metode ini merupakan metode sintesis *bottom-up* yang sederhana, memiliki biaya yang relatif rendah, serta dapat menghasilkan kemurnian bahan yang tinggi untuk nanopartikel (Deshmukh et al., 2020), homogenitas ukuran nanopartikel yang tinggi (Siddiqui et al., 2018) dan suhu pemrosesan yang rendah (Parashar et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka akan dilakukan sintesis nanopartikel CuO dengan menggunakan metode sol-gel sebagai agen antibakteri untuk

diaplikasikan ke dalam semen *Portland* dengan model bakteri *Escherichia coli* dan dilakukan pengujian aktivitas antibakteri dengan menggunakan metode difusi cakram berupa mengukur diameter zona hambat yang dihasilkan.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Lingkungan yang lembap dapat memicu infeksi mikroba seperti bakteri, jamur, dan serangga pada permukaan struktur semen
2. Lingkungan pada tempat yang terinfeksi mikroba dapat menyebabkan masalah kesehatan
3. Diperlukannya modifikasi semen *Portland* dengan menambahkan nanopartikel CuO menjadi semen antibakteri yang memiliki potensi pada bidang konstruksi
4. Kurang terdispersinya nanopartikel menyebabkan tidak efisiennya nanopartikel CuO sebagai agen antibakteri pada semen *Portland*.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan, maka peneliti memberi batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Nanopartikel yang digunakan adalah Tembaga (II) Oksida (CuO)
2. Metode sintesis nanopartikel CuO menggunakan metode sol-gel
3. Model bakteri yang digunakan adalah bakteri *Escherichia coli*
4. Variasi penambahan %b/b nanopartikel CuO ke dalam semen adalah 0%, 1%, 3% dan 5%
5. Pengujian aktivitas antibakteri dengan metode difusi cakram

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan nanopartikel CuO sebagai agen antibakteri terhadap semen *Portland*?
2. Bagaimana pengaruh pengadukan nanopartikel CuO dengan ultrasonik dan tanpa ultrasonik terhadap sifat antibakteri Semen-CuO?
3. Apakah nanopartikel CuO efektif digunakan sebagai agen antibakteri pada semen *Portland*?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan nanopartikel CuO sebagai agen antibakteri terhadap semen *Portland*
2. Untuk mengetahui pengaruh pengadukan nanopartikel CuO dengan ultrasonik dan tanpa ultrasonik terhadap sifat antibakteri Semen-CuO
3. Untuk mengetahui keefektifan nanopartikel CuO sebagai agen antibakteri pada semen *Portland*

F. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang akan diperoleh dari penelitian yang dilakukan, diantaranya:

1. Memberikan informasi tentang pengaruh variasi penambahan nanopartikel CuO sebagai agen antibakteri pada semen *Portland*.

2. Memberikan informasi tentang pengaruh pengadukan nanopartikel CuO dengan ultrasonik dan tanpa ultrasonik terhadap sifat antibakteri pada Semen-CuO
3. Diperoleh modifikasi semen *Portland* sebagai semen antibakteri dengan menggunakan nanopartikel CuO sebagai agen antibakteri.