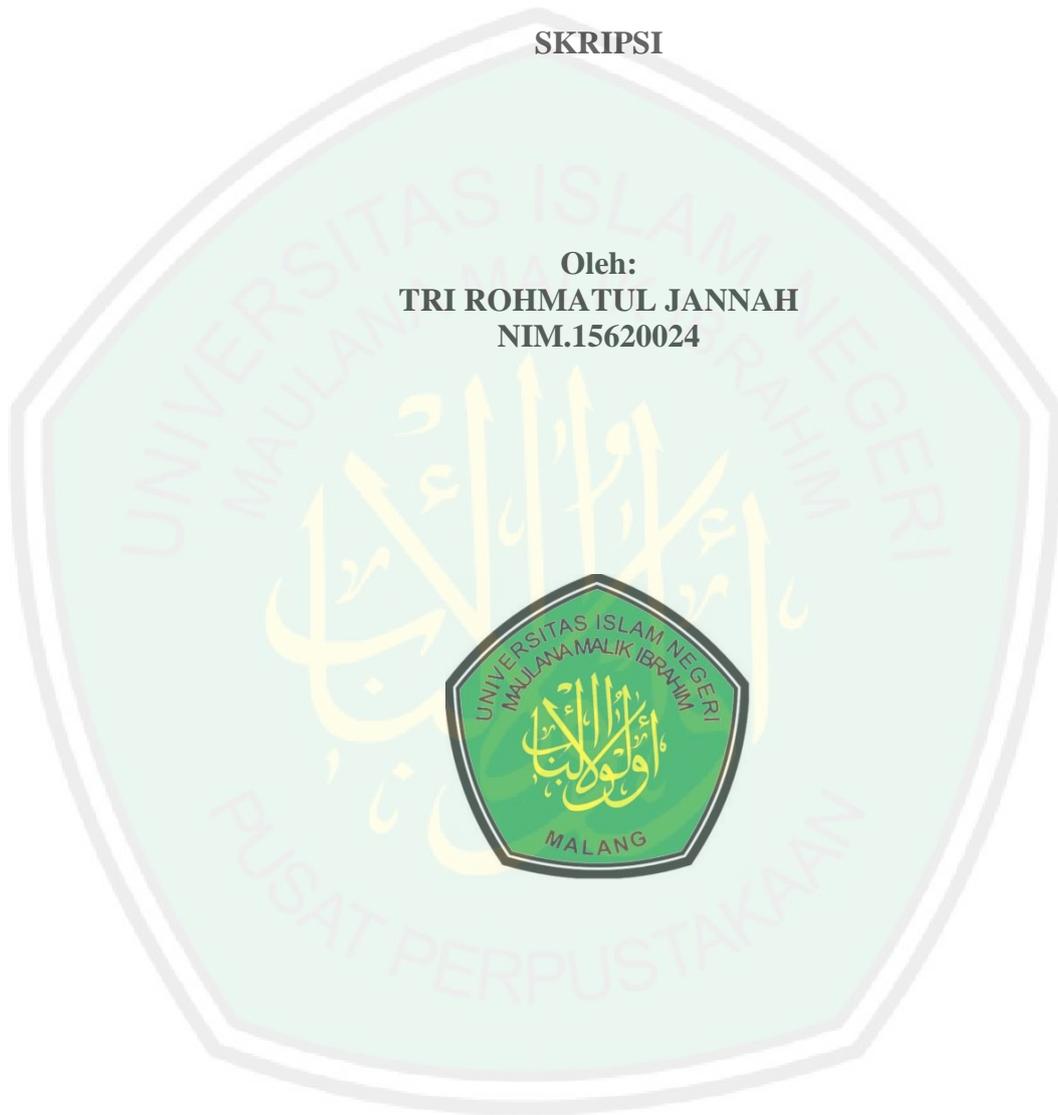


**UJI ANTIMIKROBA NANOPARTIKEL BAWANG PUTIH TERHADAP
Candida albicans, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli***

SKRIPSI

Oleh:
TRI ROHMATUL JANNAH
NIM.15620024



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**UJI ANTIMIKROBA NANOPARTIKEL BAWANG PUTIH TERHADAP
Candida albicans, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli***

SKRIPSI

Oleh:
TRI ROHMATUL JANNAH
NIM.15620024

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

UJI ANTIMIKROBA NANOPARTIKEL BAWANG PUTIH TERHADAP
Candida albicans, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

SKRIPSI

Oleh:
TRI ROHMATUL JANNAH
NIM.15620024

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 19 Juni 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. drh. Hj. Bayvinatul M., M. Si
NIP. 19710919 200003 2 001

Mujahidin Ahmad, M.Sc
NIP. 19860512 201903 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

UJI ANTIMIKROBA NANOPARTIKEL BAWANG PUTIH TERHADAP
Candida albicans, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

SKRIPSI

Oleh:
TRI ROHMATUL JANNAH
NIM.15620024

Telah dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 19 Juni 2020

Penguji Utama : Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si
NIP. 19650509 199903 2 002

(.....)

Ketua Penguji : Fitriyah, M.Si
NIP. 19860725 201903 2 013

(.....)

Sekretaris Penguji : Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul M, M.Si
NIP. 19710919 200003 2 001

(.....)

Anggota Penguji : Mujahidin Ahmad, M.Sc
NIP. 19860512 201903 1 002

(.....)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Saya persembahkan karya ini kepada orang-orang tersayang disekeliling saya sebagai bentuk ucapan terima kasih dan bentuk hormat dari saya.

Terutama teruntuk kedua orang tua saya Bapak Moh. Atik dan Ibu Ronimah yang senantiasa memberikan do'a dan dukungannya sehingga saya bisa sampai di titik ini. Terimakasih atas segala perjuangan, pengorbanan dan kasih sayang yang telah diberikan kepada saya. Semoga Bapak dan Mamak panjang umur, senantiasa diberikan kesehatan dan selalu dalam lindungan Allah SWT.

Terimakasih kepada saudara saya Sri Fajar Indah Meini, S.Pd., Dwi Yuli Astutik, S.Pd., dan Firdausi Nuzula atas segala motivasi, semangat dan kasih sayang yang telah kalian berikan. Semoga kita selalu kompak dan bisa mencapai impian masing-masing.

Terimakasih untuk seluruh Dosen dan Laboran Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang. Terutama untuk Ibu Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si dan Bapak Mujahidin Ahmad, M.Sc selaku pembimbing saya. Terimakasih atas segala bantuan, bimbingan, dan motivasinya untuk kebaikan saya kedepannya. Semoga Ibu dan Bapak selalu diberikan kesehatan dan umur panjang dan semakin sukses kedepannya.

Terimakasih kepada sahabat dan teman-teman saya yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala dukungannya sampai saya bisa berada di titik ini dan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Semoga Allah membalas semua kebaikan kalian.

MOTTO

إِنَّ اللَّهَ وَمَلَائِكَتَهُ يُصَلُّونَ عَلَى النَّبِيِّ يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا صَلُّوا عَلَيْهِ وَسَلِّمُوا تَسْلِيمًا

“Sesungguhnya Allah dan malaikat-malaikat-Nya bershalawat untuk Nabi. Hai orang-orang yang beriman, bershalawatlah kamu untuk Nabi dan ucapkanlah salam penghormatan kepadanya” (QS. Al-Ahzab: 56)

“Jangan katakan pada Allah, Aku punya masalah yang besar”

TAPI

“Katakan pada masalah, Aku punya Allah Yang Maha Besar”

(Ali Bin Abu Thalib)

PERNYATAAN ORISINALITAS TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tri Rohmatul Jannah

NIM : 15620024

Jurusan : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Uji Antimikroba Nanopartikel Bawang Putih Terhadap
Candida albicans, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 19 Juni 2020
Yang membuat pernyataan



Tri Rohmatul Jannah
NIM. 15620024

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seijin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Taufiq dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Uji Antimikroba Nanopartikel Bawang Putih Terhadap *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*”** dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya karena Beliaulah yang menuntut umat manusia dari jaman jahiliyah menuju jaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si dan Mujahidin Ahmad, M.Sc selaku pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, mengarahkan dan memberi masukan dalam terselesainya skripsi ini.
5. Dr. Hj. Ulfa Utami, M.Si dan Fitriyah, M.Si selaku penguji yang banyak memberi masukan dalam penulisan skripsi ini.
6. Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc selaku Kepala Laboratorium dan Retno Novvitasari HD, M.Sc selaku Laboran Mikrobiologi yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.
7. Moh. Basyaruddin, M.Si selaku Laboran Fisiologi Hewan yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.
8. Segenap civitas akademika Jurusan Biologi, terutama seluruh dosen yang telah memberikan pengetahuan, pengalaman serta wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.
9. Kedua orang tua tercinta Moh. Atik dan Ronimah yang senantiasa memberikan do'a, restu, moral dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Kakak dan adikku Sri Fajar Indah Meini, S.Pd, Dwi Yuli Astutik, S.Pd, dan Firdausi Nuzula yang selalu memberikan semangat, bantuan moral dan do'a kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-temanku Dwi Rahayu Novianti, Nur Afifah dan Malikhah Azizah yang senantiasa memberikan semangat, do'a dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

12. Teman-teman Biologi Angkatan 2015 khususnya segenap keluarga Biologi A yang telah memberi motivasi yang luar biasa kepada penulis dan selalu memberikan dukungan.
13. Teman-teman tim penelitian Nanopartikel yang telah memberi masukan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
14. Teman-teman tim penelitian Mikrobiologi yang telah memberi masukan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
15. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah ikut memberikan bantuan dan motivasi dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Aamiin Ya Rabbal Aalamiin.*

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb

Malang, 19 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
PERNYATAAN ORISINALITAS TULISAN	vi
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Masalah	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bawang Putih dalam Perspektif Islam	9
2.2 Tinjauan Umum Bawang Putih	12
2.2.1 Klasifikasi Bawang Putih	14
2.2.2 Morfologi Bawang Putih	14
2.2.3 Kandungan dan Kegunaan Bawang Putih	16
2.3 Potensi Bawang Putih Sebagai Antimikroba	19
2.4 Ekstraksi dengan Metode Maserasi	22
2.5 Nanopartikel	24
2.5.1 Definisi Nanopartikel	24
2.5.2 Pembuatan Nanopartikel	26
2.5.3 Potensi Nanopartikel Sebagai Antimikroba	30
2.6 Uji Antimikroba	32
2.6.1 Uji Difusi Cakram (Uji Kirby-Bauer)	32
2.6.2 Metode Dilusi	34
2.7 <i>Candida albicans</i>	35
2.7.1 Klasifikasi <i>Candida albicans</i>	35
2.7.2 Morfologi <i>Candida albicans</i>	35

2.8	<i>Staphylococcus aureus</i>	37
2.8.1	Klasifikasi <i>Staphylococcus aureus</i>	37
2.8.2	Morfologi <i>Staphylococcus aureus</i>	38
2.9	<i>Escherichia coli</i>	41
2.9.1	Klasifikasi <i>Escherichia coli</i>	41
2.9.2	Morfologi <i>Escherichia coli</i>	41
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Rancangan Penelitian	45
3.2	Waktu dan Tempat	46
3.3	Variabel Penelitian	46
3.4	Alat dan Bahan	47
3.4.1	Alat Penelitian	47
3.4.2	Bahan Penelitian	47
3.5	Prosedur Penelitian	48
3.5.1	Ekstraksi Umbi Bawang Putih	48
3.5.2	Pembuatan Nanopartikel Bawang Putih	48
3.6	Uji Antimikroba Nanopartikel Bawang Putih	49
3.6.1	Sterilisasi Alat	49
3.6.2	Pembuatan Media	49
3.6.3	Peremajaan Mikroba Uji	50
3.6.4	Pembuatan Larutan Uji Nanopartikel Bawang Putih	50
3.6.5	Pembuatan Inokulum Mikroba Uji	51
3.6.6	Uji Daya Hambat Difusi Cakram (Uji Kirby-Bauer)	51
3.6.7	Uji Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum	52
3.7	Perhitungan Koloni Mikroba	53
3.8	Analisis Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Uji Difusi Cakram Nanopartikel Bawang Putih	55
4.2	Uji Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum Nanopartikel Bawang Putih	61
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN		86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi Bawang putih (<i>Allium sativum</i> Linn.).....	15
Gambar 2.2 Struktur kimia <i>allicin</i>	17
Gambar 2.3 Mekanisme kerja bawang putih sebagai antibakteri	22
Gambar 2.4 Struktur kimia kitosan	28
Gambar 2.5 Struktur kimia NaTPP	28
Gambar 2.6 Struktur dinding sel <i>Candida albicans</i>	36
Gambar 2.7 Morfologi dan pewarnaan gram positif <i>Candida albicans</i>	37
Gambar 2.8 Morfologi <i>Staphylococcus aureus</i>	38
Gambar 2.9 Struktur dinding sel <i>Escherichia coli</i>	42
Gambar 2.10 Morfologi <i>Escherichia coli</i>	42
Gambar 3.1 Metode <i>Broth Microdilution</i> untuk Uji Antimikroba berdasarkan Ketentuan CLSI.....	53
Gambar 4.1 Hasil pengamatan uji difusi cakram.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori zona hambat	34
Tabel 4.1 Rata-rata diameter zona hambat nanopartikel bawang putih	56
Tabel 4.2 Hasil uji konsentarsi hambat minimum secara kualitatif	62
Tabel 4.3 Total plate count uji KHM dan KBM	64



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alur Penelitian.....	86
Lampiran 2. Langkah Kerja Uji Aktivitas Antimikroba.....	87
Lampiran 3. Rumus – Rumus.....	93
Lampiran 4. Data Hasil Uji Aktivitas Antimikroba.....	94
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian.....	97



ABSTRAK

Jannah, Tri Rohmatul. 2020. **Uji Antimikroba Nanopartikel Bawang Putih Terhadap *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli***. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul M., M. Si; Pembimbing II: Mujahidin Ahmad, M.Sc.

Kata kunci: Antimikroba, bawang putih, *Candida albicans*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, nanopartikel, difusi cakram, KHM dan KBM

Bawang putih (*Allium sativum* Linn.) merupakan rempah yang banyak digunakan di Indonesia karena memiliki khasiat yang beragam. Khasiat Bawang putih (*Allium sativum*) salah satunya sebagai antimikroba. Kandungan senyawa kimia yang terdapat pada bawang putih dinilai efektif untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab infeksi. Aktivitas antimikroba yang terdapat pada bawang putih dinilai lebih efektif apabila ukuran partikelnya dimodifikasi dengan teknologi nano yang disebut nanopartikel. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi nanopartikel bawang putih sebagai antimikroba.

Penelitian ini menggunakan *experimental design*. Sampel diekstrak dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 70%. Ekstrak yang diperoleh kemudian di uji aktivitas antimikrobanya. Uji antimikroba nanopartikel bawang putih menggunakan metode difusi cakram dengan konsentrasi 2,5%. Uji konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM) menggunakan variasi konsentrasi 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,313%, 0,156% dan 0,078% dengan 2 kali ulangan.

Hasil uji antimikroba nanopartikel bawang putih pada uji difusi cakram menghasilkan diameter zona hambat sebesar $7,14 \pm 0,52$ mm pada *E.coli*, $5,02 \pm 0,88$ mm pada *S.aureus* dan $7,68 \pm 0,27$ mm pada *C.albicans* dengan kategori hambat sedang. Nilai KHM terdapat di konsentrasi 1,25% pada *E.coli*, *S.aureus* dan *C.albicans*, sedangkan nilai KBM terdapat di konsentrasi 2,5% pada ketiga mikroba uji.

ABSTRACT

Jannah, Tri Rohmatul. 2020. **Antimicrobial Test of Garlic Nanoparticle Against *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli***. Thesis. Department of Biology. Faculty of Science and Technology. State Islamic University Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisor I: Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul M., M. Si; Advisor II: Mujahidin Ahmad, M.Sc.

Keywords: Antimicrobials, garlic, *Candida albicans*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, nanoparticles, disk diffusion, MIC and MBC

Garlic (*Allium sativum* Linn.) is a spice which is widely used by Indonesian because it has many benefits. One of the benefits of Garlic is an antimicrobial. The content of chemical compounds in garlic is considered effective to inhibit the growth of microorganisms which cause infection. Antimicrobial activity in garlic is considered more effective if the particle size is modified by nanotechnology called nanoparticles. The purpose of this research is to determine the potential of garlic nanoparticles as antimicrobials.

This research uses an experimental design. Samples are extracted by maceration method using 70% ethanol solvent. Then the extract was obtained is tested for antimicrobial activity. Antimicrobial test of garlic nanoparticles using disc diffusion method with a concentration of 2,5%. MIC (*Minimum Inhibitory Concentration*) and MBC (*Minimum Bactericidal Concentration*) tests used variations in concentration of 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,313%, 0,156% dan 0,078% with 2 replications.

The results of antimicrobial test of garlic nanoparticles in disc diffusion test is presented by diameter of inhibition zone. On *E.coli* was 7.14 ± 0.52 mm, on *S.aureus* it was 5.02 ± 0.88 mm and on *C. albicans* it was 7.68 ± 0.27 mm with medium inhibition category. Then, the MIC value is at a concentration of 1,25% in *E.coli*, *S.aureus* and *C.albicans*, and the MBC value are at a concentration of 2,5% in all microbial test.

مستخلص البحث

حنة، تري رحمة ال. 2020. اختبار الجسيمات النانوية المضادة للميكروبات في الثوم المبيضات البيض ، المكورات العنقودية الذهبية و الإشريكية القولونية. البحث العلمي. قسم الأحياء بكلية العلوم والتكنولوجيا. الجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: الأستاذ الدكتور الحاج بينة ال م. الماجستير: المشرف: مجاهدين أحمد الماجستير.

الكلمات المفتاحية: مضادات الميكروبات ، الثوم ، المبيضات البيض (*Candida albicans*) ، الإشريكية القولونية (*Escherichia coli*) ، المكورات العنقودية الذهبية (*Staphylococcus aureus*) ، الجسيمات النانوية. انتشار القرص ، الحد الأدنى من مستوى المثبط (MIC) والحد الأدنى من تركيز القتل (MBC).

الثوم (*Allium sativum Linn*) هو نوع من التوابل يستخدم على نطاق واسع في إندونيسيا لأنه يحتوي على الخصائص المتنوعة. فعالية الثوم كمضاد للميكروبات. يعتبر محتوى المركبات الكيميائية الموجودة في الثوم فعالا لمنع نمو الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب العدوى. يعتبر النشاط المضاد للميكروبات الموجود في الثوم أكثر فاعلية إذا تم تعديل حجم الجسيمات بواسطة تقنية النانو تسمى الجسيمات النانوية. كان الغرض من هذا البحث هو تحديد إمكانات الجسيمات النانوية للثوم كمضادات للميكروبات.

يستخدم هذا البحث التصميم التجريبي. تم استخلاص العينات بطريقة النقع باستخدام 70٪ مذيب إيثانول. ثم تم اختبار المستخلص الذي تم الحصول عليه من أجل نشاط مضاد للميكروبات. مضادات الميكروبات للجسيمات النانوية بالثوم باستخدام طريقة نشر القرص بتركيز 2,5٪. اختبارات MIC و MBC اختلافات في التركيز بنسبة 2,5٪ و 1,25٪ و 0,625٪ و 0,313٪ و 0,156٪ و 0,078٪ مع تكرارين.

أسفرت نتائج الاختبار المضاد للميكروبات للجسيمات النانوية للثوم في اختبار نشر القرص عن قطر منطقة تثبيط 0.52 ± 7.14 ملم في الإشريكية القولونية ، 5.02 ± 0.88 ملم في المكورات العنقودية الذهبية و 0.27 ± 7.68 ملم في البيض مع فئة تثبيط متوسطة. تكون قيمة MIC بتركيز 1,25٪ في الإشريكية القولونية و المكورات العنقودية الذهبية و المبيضات البيض ، بينما تكون قيمة MBC بتركيز 2,5٪ في جميع الميكروبات الثلاثة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam yang beraneka ragam, terutama keragaman tanaman hasil pertanian dan rempah-rempah. Kondisi tanah yang subur menyebabkan berbagai macam tanaman dapat tumbuh terutama tanaman jenis rempah. Rempah-rempah di Indonesia selain dimanfaatkan sebagai pengawet dan penambah rasa dalam masakan juga digunakan sebagai obat tradisional. Salah satu rempah yang banyak digunakan yaitu bawang putih (*Allium sativum* Linn.).

Bawang putih merupakan salah satu tanaman tertua yang dibudidayakan manusia sehingga dapat ditemukan di seluruh dunia. Bawang putih adalah herba semusim berumpun yang mempunyai tinggi sekitar 60 cm, memiliki batang semu berwarna hijau dan bagian bawahnya bersiung-siung bergabung menjadi umbi besar berwarna putih (Khairani, 2014). Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Asy-Syu'araa' ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: “Dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuhan yang baik” (QS. As-Syu'araa: 7).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT telah menumbuhkan berbagai macam tumbuhan yang baik. Shihab (2002) menjelaskan bahwa kata “كريم” menunjuk pada sesuatu yang baik dari objek yang disifati, dalam ayat ini

objek yang ditunjuk adalah tumbuh-tumbuhan. Ciri tumbuhan yang baik adalah tumbuhan yang tumbuh subur dan bermanfaat. Tafsir Al-Jalalain menafsirkan bahwa pada ayat ini penduduk bumi tidak memperhatikan (memikirkan) tentang bumi, betapa banyaknya tumbuh-tumbuhan yang baik dan jenisnya yang telah Allah tumbuhkan.

Trishadi (2016) menyebutkan bahwa bawang putih memiliki kandungan zat yang menguntungkan bagi tubuh. Beberapa zat yang terkandung dalam bawang putih terbukti ampuh mengobati berbagai penyakit dan menjaga kesehatan tubuh. Jenis fitokimia yang dikandung oleh tanaman bawang putih adalah *allyl sulfide* yang mempunyai fungsi sebagai antikanker, antimikroba, antioksidasi, antitrombotik, antiinflamasi, merangsang sistem imun, mengatur tekanan darah, dan menurunkan kandungan kolesterol darah (Sumardani, 2014).

Keberadaan mikroorganisme di suatu lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan mikroba seringkali menyebabkan infeksi. Mikroorganisme yang sering menginfeksi adalah *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Ketiga mikroba tersebut menginfeksi saluran reproduksi yang menyebabkan masalah infertilitas pada manusia. Keberadaan mikroba di suatu lingkungan seringkali dianggap sebagai sesuatu yang tidak bermanfaat, padahal segala sesuatu yang diciptakan Allah pasti memiliki manfaat. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam QS. Ali Imran ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا
مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka” (QS. Ali Imran: 191).

Athaillah (2006) pada Tafsir Al Manar, lafadz “*rabbanaa ma khalaqta hazda batila*” menjelaskan bahwa Allah tidak menciptakan langit, bumi, dan segala sesuatunya untuk hal yang sia-sia dan tidak ada gunanya. Bahkan sebaliknya, semua yang telah Dia ciptakan membawa hikmah dan kebenaran. Imam Bawani (2002) menyebutkan secara tekstual, ayat tersebut mengandung makna bahwa penciptaan alam semesta beserta isinya dan hukum-hukum yang terkandung didalamnya terdapat rahasia-rahasia. Jika dihubungkan dengan penciptaan mikroba, tentunya Allah sudah memberi manfaat dan hikmah atas penciptaan mikroba tersebut. Sebagai manusia kita diwajibkan untuk mengkaji, menelaah dan memahami maksud atas apa yang Allah ciptakan.

Sasongkowati (2013) menyebutkan bahwa *Candida albicans* dapat menyebabkan infeksi pada 70% wanita yang disebut kandidiasis. Kandidiasis/*yeast infection* adalah suatu kondisi akibat perubahan aktivitas vagina dan ketidakseimbangan hormon yang disebabkan oleh pembiakan jamur secara berlebihan sehingga menyebabkan infeksi. Agustini (2013) menyatakan bahwa sebanyak 75% wanita Indonesia mengalami gangguan kesehatan reproduksi seperti keputihan. Salah satu penyebab keputihan adalah infeksi *C.albicans*.

Staphylococcus aureus adalah bakteri gram positif yang menghasilkan pigmen kuning dan umumnya tumbuh berpasangan atau berkelompok. *S.aureus* mengandung polisakarida dan protein yang berfungsi sebagai antigen dan

merupakan substansi penting di dalam struktur dinding sel, tidak membentuk spora, dan tidak membentuk flagel (Jawetz *et al.*, 2008).

Newell *et al.*, (2010) menyebutkan bahwa *Escherichia coli* termasuk dalam kelompok bakteri gram negatif, bersifat fakultatif anaerob, dan tidak berspora. *E.coli* merupakan flora normal usus halus dan juga ditemukan dari *swab* vagina. Keberadaan *E.coli* sebanyak 9-28% di vagina wanita yang tidak hamil dan 24-31% pada wanita hamil. Darsana (2012) menyatakan bahwa *E.coli* merupakan bakteri yang berada di dalam saluran pencernaan bagian bawah dan dapat berubah menjadi patogen jika perkembangannya di dalam tubuh melebihi batas normal. Batas normal bakteri *E. coli* adalah 10^6 CFU/ml bakteri sehingga tidak berpotensi toksik (SNI, 2009).

Sukma (2016) menyebutkan kandungan senyawa kimia yang terdapat pada bawang putih yaitu *allicin*, *adenosine*, *ajoene*, flavonoid, saponin, *tuberholosida*, dan *scordinin*. Pajan *et al.*, (2016) *Allicin* adalah komponen sulfur bioaktif utama yang digunakan oleh bawang putih sebagai perlindungan diri dari serangan bakteri. Stephen (2001) menyatakan, *Allicin* dalam bentuk murni memiliki daya antibakteri berspektrum luas, daya aktivitas antifungi, daya aktivitas antiparasit dan daya aktivitas antivirus.

Aktivitas antimikroba dapat meningkat apabila disalut dengan nanoteknologi. Wahyudi (2010) nanoteknologi merupakan ilmu yang digunakan untuk memodifikasi dan merekayasa material, struktur fungsional, maupun alat dalam skala nanometer (nanomaterial) sehingga material menjadi lebih efektif, efisien, dan berdaya guna. Salah satu produk nanoteknologi adalah nanopartikel.

Nanopartikel adalah partikel koloid atau padatan dengan diameter berkisar berkisar antara 10-1000 nm (Napsah dan Wahyuningsih, 2013).

Beberapa penelitian terhadap aktivitas antimikroba dengan memanfaatkan teknologi nanopartikel telah banyak dilakukan dan menunjukkan hasil yang lebih efektif dibandingkan tanpa modifikasi nanopartikel. Kaliwafi (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pada konsentrasi 100% nanopartikel bawang merah menunjukkan adanya zona hambat sebesar 17 mm terhadap *Escherichia coli*, 16 mm untuk *Klebsiella oxytoca*, 15 mm untuk *Staphylococcus aureus* dan 14 mm untuk *Proteus* sp.. Pada konsentrasi yang sama (100%) ekstrak bawang merah menunjukkan adanya zona hambat yang lebih rendah yaitu sebesar 7 mm terhadap *Escherichia coli*, 0 mm untuk *Klebsiella oxytoca*, 8 mm untuk *Staphylococcus aureus* dan 6 mm untuk *Proteus* sp.. Berdasarkan penelitian ini, aktivitas antibakteri nanopartikel bawang merah (*Allium cepa*) menunjukkan adanya zona hambat yang lebih besar dibandingkan aktivitas antimikroba ekstrak bawang merah. Bawang merah yang berukuran nano lebih efektif dalam menghambat dan membunuh mikroba dibandingkan dengan bawang merah dalam bentuk ekstrak.

Lekshmi (2012) menyatakan bahwa pada konsentrasi 100% (volume 100 µl/disc) aktivitas antimikroba nanopartikel bawang putih menunjukkan adanya zona hambat sebesar 8,23 mm pada *Escherichia coli*, 8,41 mm pada *Proteus* sp., 8,40 mm pada *Klebsiella* sp., 10,30 mm pada *Staphylococcus* sp., 8,41 mm pada *Enterobacter* sp., 8,21 mm pada *Bacillus* sp., dan 8,47 mm pada *Pseudomonas* sp.. Pada konsentrasi 100% (volume 200 µl/disc) menunjukkan adanya zona

hambat sebesar 10,15 mm pada *Escherichia coli*, 8,53 mm pada *Proteus sp.*, 8,63 mm pada *Klebsiella sp.*, 10,66 mm pada *Staphylococcus sp.*, 8,55 mm pada *Enterobacter sp.*, 9,12 mm pada *Bacillus sp.*, dan 9,14 mm pada *Pseudomonas sp.*. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi volume larutan uji maka semakin besar zona hambat yang dihasilkan.

Secara umum mekanisme nanopartikel dalam menghambat pertumbuhan mikroba hampir sama dengan mekanisme penghambatan pada ekstrak. Hanya saja pada nanopartikel penghambatan dapat berlangsung lebih cepat. Mekanisme nanopartikel dalam menghambat pertumbuhan mikroba dengan memanfaatkan rantai positif dalam nanopartikel dan berinteraksi dengan permukaan sel bakteri yang bermuatan negatif sehingga menyebabkan kerusakan membran, kebocoran komponen intraseluler, penghambatan sintesis protein dan transkripsi mRNA dengan mengikat DNA (Liu *et al.*, 2019).

Fajarah (2011) menyebutkan, pemanfaatan nanopartikel meningkat dikarenakan memiliki toksisitas rendah, proses sintesis yang lebih mudah serta bersifat magnetik. Sebagian besar sifat magnetiknya dipengaruhi oleh morfologi, ukuran dan karakteristik. Selain itu luas permukaan partikel yang besar juga menjadi salah satu keunggulan nanopartikel sehingga memiliki kapasitas besar untuk mengadsorpsi (Riyanto, 2012).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka penting untuk dilakukan penelitian lebih mendalam tentang potensi bawang putih sebagai antimikroba. Potensi bawang putih sebagai antimikroba lebih efektif apabila dimodifikasi dalam bentuk nanopartikel. Oleh karena itu dilakukan penelitian

tentang uji antimikroba nanopartikel bawang putih terhadap mikroba penyebab infertilitas.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan daya hambat nanopartikel bawang putih terhadap *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ?
2. Bagaimana nilai konsentrasi hambat minimum dan konsentrasi bunuh minimum nanopartikel bawang putih terhadap *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan daya hambat nanopartikel bawang putih terhadap *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ?
2. Mengetahui nilai konsentrasi hambat minimum dan konsentrasi bunuh minimum nanopartikel bawang putih terhadap *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ?

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi bagi mahasiswa, peneliti, dan masyarakat umum tentang pemanfaatan bahan alam sebagai antimikroba alami.

2. Mendorong mahasiswa, peneliti dan masyarakat umum untuk melakukan pengembangan dan studi teknologi pemanfaatan bawang putih sebagai antimikroba alami.
3. Memberikan informasi tentang daya hambat nanopartikel bawang putih terhadap *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* penyebab infertilitas.
4. Masyarakat mampu meningkatkan kualitas bawang putih sebagai obat bahan alam sehingga mempunyai nilai tambah dan nilai jual yang lebih tinggi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simplisia umbi bawang putih (*Allium sativum* Linn.) diperoleh dari UPT. Materia Medica Jln. Lahor No. 87 Batu.
2. Pembuatan nanopartikel bawang putih (*Allium sativum* Linn.) menggunakan metode gelas ionik.
3. Isolat *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* berasal dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya.
4. Diameter zona hambat diukur dengan menggunakan metode Kirby-Bauer test, konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM) dilakukan dengan dilusi cair (liquid dilution).
5. Konsentrasi yang digunakan pada uji difusi cakram adalah 2,5%.
6. Konsentrasi yang digunakan pada uji KHM dan KBM adalah 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,313%, 0,156%, dan 0,078%.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bawang Putih dalam Perspektif Islam

Tumbuhan merupakan salah satu unsur alam yang paling penting bagi manusia. Tumbuhan berperan dalam proses fotosintesis, dalam proses fotosintesis tumbuhan akan menyerap CO₂ di atmosfer kemudian menghasilkan O₂ sebagai hasil akhir dari reaksi kimia yang dijalankan. Oksigen digunakan makhluk hidup lainnya untuk proses respirasi. Selain sebagai penghasil oksigen, tumbuhan banyak memberikan manfaat bagi makhluk hidup lainnya, disamping itu tumbuhan memiliki banyak jenis dan macamnya. Dalam hal ini Allah SWT berfirman dalam QS. Al-An'am ayat 141:

وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أُكُلُهُ وَالزَّيْتُونَ
 وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۚ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ ۗ وَلَا
 تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

Artinya: “ Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebon yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanaman-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan” (QS. Al-An'am: 141).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan bermacam-macam tumbuhan. Ada yang tumbuh secara merambat ada pula yang tumbuh tegak (pohon). Dari berbagai macam tanaman tersebut ada yang bentuknya serupa namun berbeda dari segi rasa. Tafsir Ibnu Katsir (2015) menyebutkan bahwa Ali

ibnu Abu Talhah meriwayatkan dari Ibnu Abbas, bahwa makna “*ma'rusyatin*” ialah yang merambat. Menurut riwayat yang lain, “*ma'rusyat*” artinya tanaman yang ditanam oleh manusia. Sedangkan “*gairu ma'rusyat*” artinya tanam-tanaman berbuah yang tumbuh dengan sendirinya di hutan-hutan dan bukit-bukit.

Tumbuh-tumbuhan telah banyak disebut dalam al-qur'an. Tumbuhan menyediakan banyak zat gizi yang dibutuhkan tubuh, seperti karbohidrat, protein, vitamin, lemak dan serat. Bagian tumbuhan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia sebagai penyedia zat gizi yaitu bagian akar, umbi, batang, daun, bunga, buah ataupun biji. Salah satu tumbuhan yang disebut dalam al-qur'an yaitu bawang putih (*Allium sativum* Linn.). Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Baqarah ayat 61:

وَإِذْ قُلْتُمْ يَا مُوسَىٰ لَنْ نَصْبِرَ عَلَىٰ طَعَامٍ وَاحِدٍ فَادْعُ لَنَا رَبَّكَ يُخْرِجْ لَنَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ مِنْ بَقْلِهَا وَقِثَّائِهَا وَفُومِهَا وَعَدَسِهَا وَبَصِلِهَا ۗ قَالَ أَتَسْتَبْدِلُونَ الَّذِي هُوَ أَدْنَىٰ بِالَّذِي هُوَ خَيْرٌ ۚ اهْبِطُوا مِصْرًا فَإِنَّ لَكُمْ مَّا سَأَلْتُمْ ۗ وَضُرِبَتْ عَلَيْهِمُ الذَّلِيلَةُ وَالْمَسْكَنَةُ وَبَاءُوا بِغَضَبٍ مِنَ اللَّهِ ۗ ذَٰلِكَ بِأَنَّهُمْ كَانُوا يَكْفُرُونَ بِآيَاتِ اللَّهِ وَيَقْتُلُونَ النَّبِيِّنَ بِغَيْرِ الْحَقِّ ۗ ذَٰلِكَ بِمَا عَصَوْا وَكَانُوا يَعْتَدُونَ

Artinya: “Dan (ingatlah), ketika kamu berkata: “Hai Musa, kami tidak bisa sabar (tahan) dengan satu makanan saja. Sebab itu mohonkanlah untuk kami kepada Tuhanmu, agar Dia mengeluarkan bagi kami dari apa yang ditumbuhkan bumi, yaitu sayur-mayurnya, ketimunnnya, bawang putihnya, kacang adasnya, dan bawang merahnya”. Musa berkata: “ Maukah kamu mengambil yang rendah sebagai pengganti yang lebih baik ? Pergilah kamu ke suatu kota, pasti kamu memperoleh apa yang kamu minta”. Lalu ditimpahkanlah kepada mereka nista dan kehinaan, serta mereka mendapat kemurkaan dari Allah. Hal itu (terjadi) karena mereka selalu mengingkari ayat-ayat Allah dan membunuh para Nabi yang memang tidak dibenarkan. Demikian itu (terjadi) kerana mereka selalu berbuat durhaka dan melampaui batas”(QS. Al-Baqarah: 61).

Mahmud (2007) menyebutkan bahwa dalam bahasa arab “*Fuum*” diartikan sebagai bawang putih. Bawang putih sebagai salah satu tanaman yang disebutkan dalam al-qur’an memiliki banyak manfaat karena mengandung banyak komponen bioaktif yang dibutuhkan tubuh manusia. Bawang putih paling banyak ditemui sebagai bumbu masakan dan bahan pengobatan. Banyaknya kandungan yang terdapat pada bawang putih menyebabkan bawang putih dinilai efektif untuk mencegah atau mengobati berbagai macam penyakit, salah satunya sebagai antimikroba.

Selain al-qur’an, terdapat hadits yang menyinggung bawang putih. Hadits tersebut adalah hadis dari Jabir bin Abdillah *Radhiyallahu ‘anhu*, Nabi *Shallallahu ‘alaihi wa sallam* bersabda:

مَنْ أَكَلَ الْبَصَلَ وَالْثُومَ وَالْكَرَّاتَ فَلَا يَغْرَبَنَّ مَسْجِدَنَا ، فَإِنَّ الْمَلَائِكَةَ تَتَأَذَّى مِمَّا يَتَأَذَّى مِنْهُ بَنُو آدَمَ

Artinya: “Barangsiapa yang memakan bawang merah, bawang putih dan bawang kurrats, maka janganlah dia mendekati masjid kami, sebab malaikat merasa terganggu dengan bau yang mengganggu manusia” (HR. Muslim 564).

Hadits di atas menyebutkan bahwa seseorang yang mengkonsumsi bawang merah, bawang putih atau bawang kurrats (sejenis bawang merah) dilarang untuk mendekati masjid. Baits (2018) menjelaskan tentang pemahaman yang benar terkait hadits ini, yaitu tidak terdapat larangan untuk mengkonsumsi bawang, apalagi sampai dikatakan haram untuk mengkonsumsi bawang. Namun hadits ini menunjukkan bahwa yang mengkonsumsi bawang tidak boleh hadir dalam shalat berjamaah sampai dia hilangkan dulu pengaruh bau mulutnya karena makan

bawang. Bawang putih memiliki aroma yang cukup menyengat sehingga memungkinkan akan mengganggu ibadah orang lain di sekitarnya. Untuk itu terdapat anjuran untuk menghilangkan aroma atau bau bawang putih dengan memasaknya secara sempurna.

Al-Jauziyah (2007) menjelaskan, untuk menghindari bahaya bahan aktif dalam bawang putih jika dikonsumsi mentah, maka bawang putih harus dimasak terlebih dahulu karena diketahui bawang putih mengandung senyawa sulfur yang cukup banyak sehingga apabila dikonsumsi berlebih dapat menyebabkan pusing dan bau mulut.

2.2 Tinjauan Umum Bawang Putih

Bawang putih dalam bahasa Inggris disebut Garlic. Sedangkan di Indonesia memiliki nama yang bervariasi. Nama lokal yang sering digunakan adalah bhabang pote (Madura), bawang bodas (Sunda), bawang pulak (Trakan), lasuna moputih (Minahasa), pia moputi (Gorontalo), lasuna kebo (Makassar), bawa de are (Halmahera), bawa bodudo (Ternate), bawa fiufer (Papua), lasuna (Karo), kasuna (Bali), lasuna pute (Bugis), bawang handak (Lampung), kalfeo foleu (daerah Timur), dan sebutan bawang (daerah Jawa) (Untari, 2010).

Bawang putih merupakan tanaman yang telah lama menjadi bagian kehidupan masyarakat di berbagai peradaban dunia. Namun belum diketahui secara pasti sejak kapan tanaman ini mulai dimanfaatkan dan dibudidayakan. Pada 3000 SM ditemukan sebuah catatan medis berusia 5000 tahun di Asia Tengah, sehingga diperkirakan bawang putih pertama kali dimanfaatkan di Benua ini

(Santoso, 2000). Pada abad 19 bawang putih masuk ke Indonesia diduga dibawa oleh para pedagang dari India, Cina, Arab dan Portugis.

Tahun 2600-2100 SM bangsa Sumeria telah mengenal bawang putih sebagai bahan pengobatan. Di India terdapat sebuah teks kuno bernama *Charaka-Samhita* yang menyebutkan khasiat bawang putih sebagai obat untuk mengobati serangan jantung dan arthritis. Bawang putih juga masuk dalam catatan kuno India lainnya, yaitu *Bower Manuscript* (300 SM) (Banerjee, 2002). Bangsa Mesir, Yunani dan Romawi Kuno menggunakan bawang putih sebagai bahan untuk mengobati sembelit dan diuretik. Bawang putih digunakan sebagai bakterisida selama Perang Dunia I oleh dokter bedah tentara Inggris.

Santoso (2000) menyebutkan bahwa bawang putih tumbuh baik di dataran tinggi, tetapi terdapat beberapa varietas yang dapat tumbuh di dataran rendah. Media tumbuh yang baik bagi bawang putih adalah tanah yang bertekstur lempung berpasir atau lempung berdebu dengan pH netral. Lahan tanaman ini tidak boleh tergenang air. Suhu yang cocok untuk budidaya berkisar antar 20-25°C di dataran tinggi dan 27-30°C pada dataran rendah. Adapun curah hujan sekitar 1.200-2.400 mm/tahun.

Umbi bawang putih merupakan bagian tanaman bawang putih yang umum digunakan dan berkhasiat obat. Di Indonesia, bawang putih digunakan sebagai bumbu masakan, namun umbi bawang putih juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengobatan untuk mengobati tekanan darah tinggi, gangguan pernafasan, sakit kepala, ambeien, sembelit, luka memar atau sayat, cacingan, insomnia, kolesterol, flu, gangguan saluran kencing dan lainnya (Thomas, 2000).

2.2.1 Klasifikasi Bawang Putih

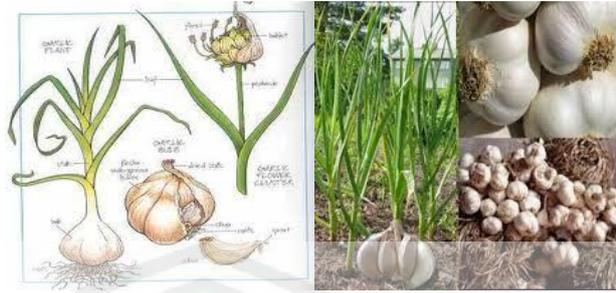
Tanaman bawang putih memiliki nama lain *Allium sativum* Linn.

Kedudukan bawang putih dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Fritsch, 2002) :

Kingdom	: Plantae
Devisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Liliales
Famili	: Liliaceae
Genus	: Allium
Spesies	: <i>Allium sativum</i> Linn.

2.2.2 Morfologi Bawang Putih

Santoso (2000) bawang putih merupakan tanaman herba parenial yang membentuk umbi lapis. Tanaman ini tumbuh secara berumpun dan berdiri tegak setinggi 30-75 cm. Batangnya merupakan batang semu yang terdiri dari pelepah-pelepah daun, batang yang sebenarnya berada di dalam tanah. Helaiannya mirip pita, berbentuk pipih memanjang. Setiap umbi bawang putih terdiri dari sejumlah anak bawang (siung) yang setiap siungnya terbungkus kulit tipis berwarna putih. Akar bawang putih tumbuh dari pangkal batang berbentuk serabut kecil yang banyak dengan panjang kurang dari 10 cm. Akar bawang putih terdiri dari banyak serabut kecil. Akar yang tumbuh pada batang pokok bersifat rudimenter berfungsi sebagai alat penghisap makanan (Santoso, 2000). Morfologi bawang putih dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Morfologi bawang putih (*Allium sativum* Linn.) (Litbang Departemen Pertanian, 2008)

Hernawan (2003) bawang putih membentuk umbi lapis berwarna putih. Setiap umbi terdiri dari 8-20 siung (anak bawang). Antara siung satu dengan yang lainnya dipisahkan oleh kulit tipis dan liat serta membentuk satu kesatuan yang kuat dan rapat. Di dalam siung terdapat lembaga yang dapat menerobos pucuk siung menjadi tunas baru, serta daging pembungkus lembaga yang berfungsi sebagai pelindung sekaligus gudang persediaan makanan. Bagian dasar umbi merupakan batang yang mengalami rudimentasi.

Helaian daun bawang putih berbentuk pita, panjang daun mencapai 30-60 cm dan lebar 1-2,5 cm. Setiap tanaman memiliki jumlah daun 7-10 helaian. Pelepah daun akan membentuk satu kesatuan yang membentuk batang semu. Bunga bawang putih termasuk dalam kelompok bunga majemuk yang tersusun membulat, membentuk infloresensi payung dengan diameter 4-9 cm. Perhiasan bunga terdiri atas 6 tepala berbentuk bulat telur, 6 stamen, dengan panjang filamen 4-5 mm bertumpu pada dasar perhiasan bunga. Ovarium superior tersusun atas 3 ruangan. Buah kecil berbentuk kapsul loculicidal (Hernawan, 2003).

Syarat tumbuh tanaman bawang putih menurut UPT-Balai Informasi Teknologi LIPI (2009) meliputi iklim dan tanah. Bawang putih dapat tumbuh

dengan kondisi iklim sebagai berikut: ketinggian tempat berkisar 600-1.200 m, dengan curah hujan tahunan sebesar 800-2.000 mm/tahun, bulan basah (diatas 100mm/bulan) sekitar 5-7 bulan dan bulan kering (dibawah 60mm/bulan) sekitar 4-6 bulan. Sedangkan suhu udara yang dibutuhkan yaitu sekitar 15 - 20°C dengan kelembapan yang tinggi dan peninarannya sedang. Adapun jenis tanah yang cocok untuk pertumbuhan bawang putih adalah jenis gromosial (ultisol) dengan tekstur lempung berpasir (gembur). Memiliki drainase yang baik dengan kedalaman air tanah sekitar 50-150 cm dari permukaan tanah, kedalaman perakaran diatas 15 cm dari permukaan tanah, kemasaman (pH) tanah sekitar 6 - 6,8 dan memiliki kesuburan yang tinggi.

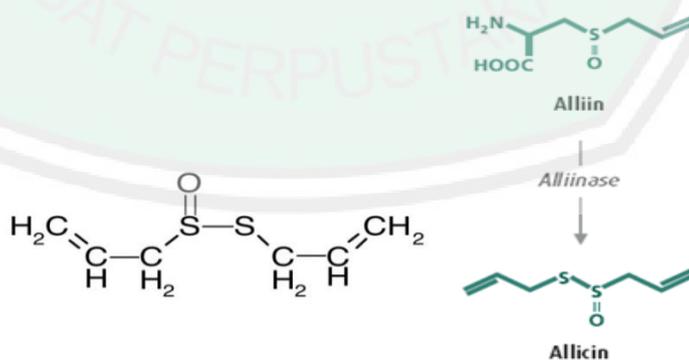
2.2.3 Kandungan dan Kegunaan Bawang Putih

Kandungan utama bawang putih adalah air dan sebagian besar berat kering terdiri dari fruktosa yang mengandung karbohidrat, protein, senyawa sulfur, serat, dan asam amino bebas. Bawang putih juga mengandung saponin dengan kadar yang tinggi, kalium, fosforus, zink, sulfur, vitamin A dan C, sejumlah selenium dan kalsium dengan kadar rendah, natrium, magnesium, besi, mangan dan vitamin B-kompleks.

Menurut Yuhua (2011) dalam 100 gram umbi bawang putih mengandung: 1,5% *Allicin* yang merupakan komponen penting dengan efek antibiotik, 4,5 gr protein, 0,20 gr lemak, 23,10 gr hidrat arang, 0,22 mg vitamin B1, 15 mg Vitamin C, 95 kalori, 134 mg posfor, 42 mg kalsium, 1 mg zat besi, dan 71 gr air. Pada beberapa penelitian umbi bawang putih mengandung zat aktif *allicin*, enzim *alinase*, *germanium*, *sativine*, *sinistrine*, *selenium*, *scordinin*, *nicotinic acid*.

Dusica (2011) menyatakan bahwa komponen utama dalam bawang putih yang memiliki potensi sebagai antibakteri dan potensi terapeutik lainnya ialah kandungan sulfur dalam bawang putih. Diantaranya ialah *Diallyl thiosulfinate* (*allicin*) dan *Diallyl disulfide* (*ajoene*).

Allicin merupakan komponen sulfur biokatif utama yang muncul apabila bawang putih dipotong atau dihancurkan. *Allicin* merupakan senyawa yang bersifat tidak stabil, senyawa ini dalam waktu beberapa jam akan kembali dimetabolisme menjadi senyawa sulfur lain seperti *vinydithiines* dan *Diallyl disulfide* (*ajoene*) yang juga memiliki daya antibakteri berspektrum luas namun dengan aktivitas yang lebih kecil (Bayan, 2013). *Allicin* merupakan prekursor pembentukan *alil sulfide*, misalnya *dialil disulfida* (DADS), *dialil trisulfida* (DATS), *dialil sulfida* (DAS), *metilil sulfida*, *dipropil sulfida*, *dipropil disulfida*, *alil merkaptan*, dan *alil metil sulfida*. Struktur kimia *allicin* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur kimia *allicin* (Hernawan, 2003)

Atmadja (2002) menyebutkan bahwa *allicin* merupakan senyawa yang memiliki gugus SO, menyebabkan bau khas pada bawang putih. *Allicin* bersifat tidak stabil, sehingga saat terurai *allicin* akan mengambil oksigen dari udara dan diubah menjadi bahan kimia yang kaya sulfur. *Allicin* pertama kali ditemukan pada tahun 1994 oleh C.V. Cacalito berupa minyak tidak berwarna yang bersifat tidak stabil dan memiliki manfaat sebagai antibiotik. Watanabe (2001) menyebutkan bahwa 1 mg *allicin* setara dengan 15 unit standart penisilin. *Allicin* memiliki kemampuan berikatan dengan protein dan merubah struktur protein, sehingga membantu dalam menghambat atau membunuh suatu mikroba tertentu dengan menyerang proteinnya.

Salima (2015) menyatakan bahwa bawang putih juga mengandung komponen minyak atsiri, yang juga memiliki aktivitas antibakteri yang bekerja dengan mekanisme menghambat pembentukan membran sel bakteri. Namun, potensi minyak atsiri sebagai antijamur dikenal jauh lebih besar dibanding potensinya sebagai antibakteri. Bawang putih memiliki kandungan lain yang dipercaya memiliki aktivitas antibakteri yakni flavonoid. Flavonoid bekerja dengan cara mendenaturasi protein yang dimiliki bakteri. Senyawa flavonoid juga dikenal sebagai antioksidan. Flavonoid merupakan turunan senyawa fenol yang dapat berinteraksi dengan sel bakteri. Interaksi flavonoid dengan sel bakteri melalui adsorpsi yang melibatkan ikatan hidrogen. Banerjee dan Maulik (2002) bawang putih mengandung minyak atsiri yang secara umum terdiri dari diallil sulfida 57%, allil metil sulfide 37%, dan dimetil sulfida 6%.

Mulyani (2016) kandungan organosulfida dalam umbi bawang putih berkhasiat dalam membantu hepar memproses senyawa kimia beracun, termasuk senyawa kimia yang menyebabkan kanker. Bawang putih mengandung sulfur yang dapat meningkatkan dan mempercepat kegiatan membran mucus pada saluran pernafasan. Efek ini akan ikut membantu pengeluaran lendir pada hidung tersumbat. Hernawan (2003) menyebutkan bahwa pada beberapa penelitian yang dikembangkan untuk mengeksplorasi aktivitas biologi umbi bawang putih yang terkait dengan farmakologi bawang putih memiliki manfaat antara lain sebagai antidiabetes, antikolesterol, antihipertensi, antioksidan, antiatherosklerosis, pemacu fibrinolysis, sel platelet, antivirus, antiagregasi, antimikroba dan antikanker.

2.3 Potensi Bawang Putih Sebagai Antimikroba

Utami (2005) menjelaskan bahwa istilah antimikroba merujuk pada suatu bahan yang dapat menghambat pertumbuhan atau mematikan mikroorganisme. Antimikroba adalah senyawa kimia yang memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan kelompok organisme tertentu sehingga sering disebut sebagai antibakterial atau antifungal.

Mikroba sebagai agen penyebab penyakit dapat di minimalisir keberadaannya dengan menggunakan zat antimikroba. Bawang putih sebagai salah satu tumbuhan yang memiliki zat antimikroba dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengobatan. Disebutkan dalam hadits shahih riwayat Imam Bukhari, bahwa Rasulullah SAW bersabda:

مَا أَنْزَلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

Artinya: “Tidaklah Allah menurunkan penyakit kecuali Dia juga menurunkan penawarnya.” (HR. Bukhari).

Hadist ini menjelaskan bahwa ketika Allah memberikan satu penyakit kepada hamba-Nya maka kepadanya pula akan diturunkan penawar untuk menyembuhkannya (Muttaqin, 2015). Obat tersebut dapat berupa obat medis, obat herbal maupun sarana obat lain yang disesuaikan dengan kebutuhan manusia. Disisi lain, al-qur’an juga menyebutkan bahwa segala sesuatu diciptakan berpasangan seperti yang terdapat dalam QS. Yasin ayat 36:

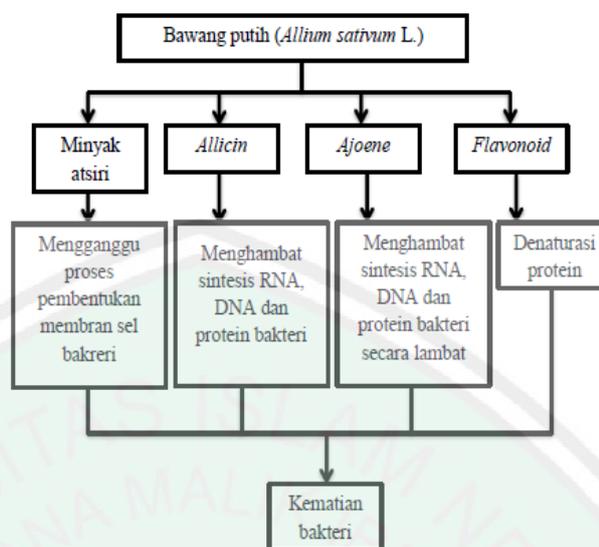
سُبْحَانَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُونَ

Artinya: “Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui” (QS. Yasin: 36).

Shihab (2002) menjelaskan bahwa kata ‘*min*’ dalam ayat ini berfungsi sebagai penjelas. Yakni, bahwa Allah telah menciptakan semua berpasangan dimana ada pejantan dan betina pada semua makhluk ciptaan-Nya, baik berupa tumbuh-tumbuhan, hewan, manusia dan makhluk hidup lainnya yang tak kasat mata dan belum diketahui manusia. Apabila dikaitkan dengan penelitian ini, maka pasangan yang dimaksud adalah mikroba dan antimikroba. Mikroba sebagai agen penyebab penyakit dapat diminimalisir keberadaannya dengan menggunakan zat antimikroba (bawang putih).

Sivam (2001) menyebutkan bahwa secara garis besar aktivitas antimikroba bawang putih dapat dimanfaatkan menjadi dua yaitu, pertama sebagai antibiotik. Penggunaan antibiotik sebagai obat antimikroba dinilai kurang efektif untuk menekan pertumbuhan mikroba, karena mikroba terus berevolusi dan menjadi resisten terhadap antibiotik. Bawang putih mampu mengatasi bakteri-bakteri yang resisten terhadap antibiotik. Selain itu bawang putih diketahui bekerja secara sinergis dengan antibiotik sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi bakteri-bakteri yang resisten terhadap antibiotik. Manfaat kedua yaitu sebagai pengawet makanan. Bawang putih dapat menjadi bahan pengawet makanan alami dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan produksi toksin.

Admadja (2002) menyebutkan bahwa penggunaan antibiotik secara berlebihan tidak hanya membunuh mikroba patogen tetapi juga dapat membunuh mikroba non-patogen yang terdapat dalam tubuh. Akibatnya terjadi kolonisasi mikroba patogen pada daerah-daerah yang asalnya dihuni oleh mikroba non-patogen. Bawang putih mempunyai cara kerja yang berbeda dengan antibiotik, penggunaan bawang putih sebagai antimikroba hanya membunuh mikroba yang sifatnya merugikan, sedangkan mikroba yang menguntungkan tetap utuh, hanya berubah menjadi inaktif dan menunggu saat yang tepat untuk tumbuh lagi. Penggunaan bawang putih sebagai antimikroba tidak menyebabkan mikroba resisten terhadap bawang putih dikarenakan adanya senyawa sulfur yang terkandung di dalam bawang putih. Mekanisme bawang putih sebagai antibakteri dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mekanisme kerja bawang putih sebagai antibakteri (Deresse, 2010)

2.4 Ekstraksi dengan Metode Maserasi

Ekstraksi adalah penyarian zat-zat aktif dari bagian tanaman obat. Adapun tujuan dari ekstraksi yaitu untuk menarik komponen kimia yang terdapat dalam simplisia. Ekstrak adalah sediaan pekat yang diperoleh dengan mengekstraksi zat aktif dari simplisia nabati atau hewani menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlakukan sedemikian hingga memenuhi baku yang telah ditetapkan. Ragam ekstraksi yang tepat sudah tentu bergantung pada tekstur dan kandungan air bahan tumbuhan yang diekstraksi dan pada jenis senyawa yang diisolasi. Senyawa aktif yang terkandung dalam simplisia berbeda-beda, sehingga dibutuhkan metode dalam penarikan senyawa aktif di dalam simplisia harus memperhatikan beberapa faktor seperti udara, suhu, cahaya dan logam berat. Proses ekstraksi dapat melalui beberapa tahap meliputi pembuatan serbuk, pembasahan, penyarian, dan pemekatan (Dirjen POM, 2000).

Ekstraksi merupakan kegiatan penarikan kandungan kimia yang terdapat pada simplisia. Menurut Mandal *et al.*, (2007) ekstraksi adalah proses penarikan komponen aktif dari suatu campuran padatan dan/atau cairan dengan menggunakan pelarut tertentu. Ekstraksi merupakan langkah awal penting dalam penelitian tanaman obat, karena preparasi ekstrak kasar tanaman merupakan titik awal untuk isolasi dan pemurnian komponen kimia yang terdapat dalam tanaman. Harborne (1996) menyebutkan bahwa metode ekstraksi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu ekstraksi sederhana dan ekstraksi khusus. Ekstraksi sederhana meliputi maserasi, perkolasi, reperkolasi, evakolasi, dan dialokasi.

Maserasi adalah proses pengekstrakan simplisia dengan menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruangan (kamar). Secara teknologi termasuk ekstraksi dengan prinsip metode pencapaian keseimbangan. Maserasi kinetik berarti dilakukan pengadukan yang kontinu (terus menerus). Remaserasi berarti dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat pertama dan seterusnya (Dirjen POM, 2000). Dalam metode ekstraksi maserasi, pelarut yang digunakan akan berdifusi ke dalam sel bahan, akibat adanya tekanan osmosis senyawa aktif akan keluar. Untuk mempercepat proses ekstraksi biasanya dilakukan pengadukan dan pemanasan. Aseton dan etanol merupakan pelarut yang sering digunakan dalam ekstraksi maserasi (Ginting, 2013).

Putra (2014) menyebutkan keuntungan yang diperoleh dari metode ekstraksi maserasi adalah sederhana, mudah dan dapat dilakukan dengan biaya yang murah. Namun dalam metode ini membutuhkan waktu yang lama dalam

proses ekstraksi. Selain itu, rendemen yang dihasilkan tidak bebas dari pelarut organik. Mukhriani (2014) menyebutkan bahwa metode ekstraksi maserasi memiliki kelebihan yaitu dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil. Disamping itu, kekurangan dari metode maserasi adalah menghabiskan banyak waktu, membutuhkan pelarut yang cukup banyak, dan besar kemungkinan beberapa senyawa hilang. Selain itu beberapa senyawa mungkin saja sulit diekstraksi pada suhu kamar.

2.5 Nanopartikel

2.5.1 Definisi Nanopartikel

Nanoteknologi atau teknologi nano merupakan ilmu yang digunakan untuk memodifikasi dan merekayasa material, struktur fungsional, maupun alat dalam skala nanometer (nanomaterial) sehingga material menjadi lebih efektif, efisien, dan berdaya guna. Nanomaterial memiliki sifat-sifat khas dari unsur yang dapat direkayasa, sehingga pemanfaatannya telah merambah di berbagai bidang kehidupan manusia seperti kesehatan, informasi, transportasi, industri, energi dan lain-lain. Menurut Wahyudi (2010) nanopartikel memiliki ukuran partikel yang sangat halus ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).

Berdasarkan ukuran ini, nanopartikel merupakan partikel halus yang berukuran kecil. Sehubungan dengan hal ini Allah SWT berfirman dalam QS. An-Nisa ayat 40:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَظْلِمُ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ

Artinya: “*Sesungguhnya Allah tidak mendzalimi meskipun seberat dzarrah.*” (QS. an-Nisa: 40).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa kata ‘*Mitsqal*’ berartikan ukuran berat, sedangkan makna ‘*Dzarrah*’ menurut Ibnu Jauzi (2002) pada beberapa beberapa pendapat ulama tafsir yaitu: butiran tanah (Yazid bin al-A’sham dari Ibnu Abbas), biji khardalah/tanaman mustard dan titik debu yang nampak di udara ketika ada celah dinding terkena sinar matahari (at-Tsa’labi). Selanjutnya, Ibnu Jauzi menyampaikan kesimpulan bahwa penyebutan dzarrah hanyalah ungkapan yang bisa ditangkap oleh logika manusia (Zadul Masir, 1/406). Dzarrah yang diartikan sebagai ukuran yang sangat kecil pada masa itu, jika dihubungkan dengan ilmu pengetahuan berarti suatu partikel yang sangat kecil. Membahas tentang ukuran suatu partikel, Allah SWT berfirman dalam QS. Furqan ayat 2:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَآ يَتَّخِذُ وَلَدًا وَمَآ يَكُنُ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا

Artinya: “yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan(Nya), dan dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya” (QS. Furqan: 2).

Ayat di atas menyebutkan bahwa Allah telah menciptakan segala sesuatu menurut ukuran. Tafsir Al-Mukhtashar menjelaskan bahwa kalimat *فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا* mengandung arti “dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya”, artinya Allah telah mengatur dan menetapkan segala sesuatu sesuai dengan kemaslahatannya, sifat-sifat dan fungsinya masing-masing dalam hidup. Sebagaimana nanopartikel yang memiliki ukuran yang sangat kecil sesuai dengan fungsi dan manfaatnya.

Nanopartikel merupakan produk nanoteknologi. Nanopartikel adalah partikel koloid atau padatan dengan diameter berkisar antara 10-1000 nm. Pemanfaatan nanopartikel dengan menggunakan polimer dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal seperti, sebagai sistem penghantaran tertarget, pelepasan obat terkendali, meningkatkan bioviabilitas, atau melarutkan obat untuk penghantaran sistemik, juga dapat digunakan untuk melindungi agen terapeutik akibat adanya degradasi enzim (Napsah dan Wahyuningsih, 2013).

Kaliwafi (2015) menyebutkan bahwa sintesis nanopartikel banyak melibatkan bahan kimia berbahaya dan membutuhkan energi tinggi. Pengembangan sintesis nanopartikel dengan proses yang ramah lingkungan sangat dibutuhkan. Untuk itu sintesis nanopartikel dengan menggunakan bahan alam saat ini menjadi suatu hal yang menarik perhatian karena sifatnya yang cepat, ekonomis dan ramah lingkungan menjadi langkah awal untuk biosintesis nanopartikel. Pendekatan biologis menggunakan mikroorganisme dan tanaman atau ekstrak tumbuhan dalam pembuatan nanopartikel logam menjadi suatu alternatif baru. Yulizar (2017) menyebutkan salah satu keunggulan sintesis nanopartikel dengan bahan alam adalah efisiensi proses ekonomis, di mana metode ini membutuhkan bahan yang relatif murah. Keuntungan lainnya adalah kesederhanaan metode karena proses satu langkah.

2.5.2 Pembuatan Nanopartikel

Secara umum, terdapat dua kategori dalam pembuatan nanopartikel yaitu proses *top-down* yang merupakan proses memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer dengan proses pengadukan atau

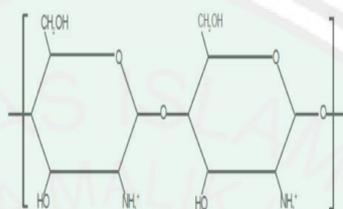
homogenisasi tekanan tinggi dan proses *bottom-down*, merupakan proses yang dimulai dari atom-atom atau molekul-molekul yang berkumpul membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki (Abdullah, 2008). Beberapa metode yang dapat digunakan dalam sintesis nanopartikel menurut Agnihotri (2004) dan Tiyaboonchai (2003) adalah gelasi ionik (*ionic gelation*), metode ikatan silang emulsi (*emulsion cross-linking*), metode penggabungan droplet emulsi (*emulsion-droplet coalescence method*), kompleks polielektrolit (*polyelectrolyte complex*), dan *reverse micellar method*.

Salah satu metode yang paling banyak diterapkan dalam pembuatan nanopartikel adalah gelasi ionik. Agnihotri (2004) menyebutkan bahwa prinsip pembentukan partikel pada metode ini adalah terjadinya interaksi ionik antara gugus amino pada kitosan yang bermuatan positif dengan polianion yang bermuatan negatif membentuk struktur *network* inter- dan/atau intramolekul tiga dimensi. Pengikat silang (polianion) yang paling banyak digunakan adalah sodium tripolifosfat, karena berifat tidak toksis dan memiliki multivalen. Dustgani, *et al* (2008) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pembuatan nanopartikel kitosan dan natrium tripolifosfat dengan metode gelasi ionik menghasilkan nanopartikel dengan ukuran 250-350 nm dengan efisiensi penjerapan zat aktif sekitar 72,2%.

Metode gelasi ionik dapat dilakukan dengan melakukan pencampuran polimer yang bersifat polikation dengan polimer polianion. Polimer polikation yang banyak digunakan adalah kitosan. Tiyaboonchai (2003), kitosan disebut sebagai polimer dari sakarida (polisakarida). Kitosan diperoleh dari proses deasetilasi senyawa kitin yang terdapat didalam kulit luar golongan *Crustacea*.

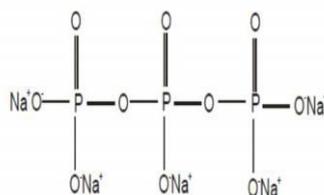
Sifat-sifat ideal dari kitosan sebagai polimer dalam nanopartikel yaitu mudah disintesis, murah, *biokompatibel*, *biodegradable*, *non-immunogenic*, dan *non-toxic*.

Struktur kimia kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur kimia kitosan (Rismana, 2014)

Polimer polianion dalam pembuatan nanopartikel adalah tripolifosfat. Tripolifosfat dalam nanopartikel cross-linked digunakan sebagai pasangan ion dari kitosan. Sifatnya sebagai anion multivalent menjadikan tripolifosfat dapat digunakan untuk membentuk ikatan sambung silang dengan kitosan. Tripolifosfat sebagai salah satu pasangan ion kitosan memberikan hasil nanopartikel yang lebih stabil dan memiliki karakter penembusan membran yang lebih baik. Tripolifosfat berperan sebagai komponen anion multivalent yang dapat membentuk ikatan sambung silang dengan kitosan yang memiliki sifat kationik (Yu Shin, 2008). Struktur NaTPP dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur kimia NaTPP (Rismana, 2014)

Ultrasonikasi adalah suatu metode untuk memecah ukuran partikel menjadi lebih kecil dengan menggunakan gelombang ultrasonikasi. Sahu (2010) prinsip sonikasi adalah memanfaatkan gelombang ultrasonik pada rentang frekuensi 20 kHz yang ditembakkan ke dalam medium cair untuk menghasilkan *cavitation bubble* yang dapat membuat partikel memiliki diameter dalam skala nano. Sholihah (2017) getaran ultrasonik akan memecah dinding sel dari bahan sehingga kandungan senyawa organik yang ada di dalamnya dapat keluar dengan mudah.

Hapsari (2009) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa semakin lama waktu sonikasi ukuran partikel akan cenderung homogen dan mengecil, sehingga ukuran nanopartikel akan lebih stabil serta penggumpalan pun semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena gelombang kejut pada metode sonikasi dapat memisahkan penggumpalan partikel (*agglomeration*) dan terjadi dispersi sempurna dengan penambahan surfaktan sebagai penstabil.

Karakterisasi dalam sintesis nanopartikel dalam penelitian ini meliputi analisis PSA (*Particle Size Analyzer*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). PSA digunakan untuk mengukur ukuran nanopartikel menggunakan metode *Dinamyc Light Scattering* (DLS) yang memanfaatkan hamburan inframerah. Hamburan inframerah ditembakkan oleh alat ke sampel sehingga sampel akan bereaksi menghasilkan gerak Brown (gerak acak dari partikel yang sangat kecil dalam cairan akibat dari benturan dengan molekul-molekul yang ada dalam zat cair). Gerak inilah yang kemudian dianalisis oleh alat, semakin kecil ukuran molekul maka semakin cepat gerakannya (Wahyudi, 2011).

Analisis SEM atau biasa disebut mikroskop elektron payaran digunakan dalam pengamatan morfologi dan penentuan ukuran nanopartikel. Prinsip kerjanya adalah dengan memancarkan elektron ke permukaan specimen. Informasi tentang permukaan partikel dapat diperoleh dengan pengenalan *probe* dalam lintasan pancaran elektron yang mengenai permukaan partikel. Informasi juga dapat dibawa oleh *probe* yang menangkap elektron pada terowongan antara permukaan partikel specimen dengan tip *probe* atau sebuah *probe* yang menangkap gaya dorong antara permukaan dengan tip *probe* (Poole & Owens, 2003).

2.5.3 Potensi Nanopartikel Sebagai Antimikroba

Salah satu bidang yang banyak diminati para peneliti saat ini adalah penerapan teknologi nano. Penerapan teknologi nano yang sedang berkembang saat ini adalah preparasi dan pengembangan komposit antara polimer alami atau buatan sebagai matriks dengan zat yang mempunyai sifat khusus seperti antimikroba. Kaliwafi (2015) menyebutkan bahwa teknologi nano banyak melibatkan bahan kimia berbahaya dan membutuhkan energi tinggi. Pengembangan teknologi nano dengan proses yang ramah lingkungan sangat dibutuhkan. Untuk itu pengembangan teknologi nano dengan menggunakan bahan alam saat ini menjadi suatu hal yang menarik perhatian karena sifatnya yang cepat, ekonomis dan ramah lingkungan. Pendekatan biologis menggunakan mikroorganisme dan tanaman atau ekstrak tumbuhan dalam teknologi nano menjadi suatu alternatif baru.

Salah satu contoh penerapan teknologi nano adalah nanopartikel sebagai antimikroba seperti nanopartikel bawang putih dan kitosan. Paster *et al.*, (2002)

menyatakan bahwa efek sinergi dari suatu senyawa antimikroba adalah campuran dari dua jenis atau lebih senyawa antimikroba akan memberikan aktifitas penghambatan yang lebih besar dibandingkan dengan jumlah kumulatif dari campuran kedua antimikroba tersebut. Peningkatan zona hambat dengan penambahan ekstrak menunjukkan bahwa kitosan yang ditambahkan ekstrak tidak mempengaruhi interaksi antara gugus aktif dari ekstrak bawang putih dengan gugus fungsional dari kitosan, sehingga kitosan dapat bekerja untuk menghambat pertumbuhan mikroba dan penambahan ekstrak bawang putih mampu meningkatkan penghambatan pertumbuhan mikroba.

Penerapan teknologi nano yang paling banyak diteliti adalah nanopartikel perak sebagai agen antimikroba. Haryono (2008) menyebutkan bahwa logam perak sejak lama diketahui memiliki aktivitas antimikroba. Logam perak bersifat toksik terhadap mikroba tetapi aman bagi manusia. Dalam bentuk ion, perak merupakan agen antimikroba yang kuat dan bersifat toksik bagi sel. Kemampuan antimikroba perak antara lain merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel, dan menghambat sintesis sel mikroba. Metabolisme sel dapat dihambat karena adanya interaksi antara perak dengan makromolekul di dalam sel seperti protein dan DNA.

Haryono (2008) secara kimia partikel yang dibuat dalam skala nano akan lebih reaktif dan mudah terionisasi dibandingkan partikel perak yang lebih besar. Selain itu rasio luas permukaan terhadap volume juga semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel, sehingga memiliki daya antimikroba yang lebih kuat. Yulizar (2017) menyebutkan salah satu keunggulan sintesis nanopartikel

dengan bahan alam adalah efisiensi proses, ekonomis di mana metode ini membutuhkan bahan yang relatif murah. Keuntungan lainnya adalah metode yang digunakan sangat sederhana.

Liu *et al.*, (2019) menyatakan, keunggulan antimikroba dalam bentuk nanopartikel antara lain: 1. Ukuran nanopartikel yang relatif lebih kecil menyebabkan difusi zat antimikroba berlangsung lebih cepat sehingga kematian sel juga lebih cepat, 2. Permukaan nanopartikel memiliki muatan positif, dimana saat terjadi kontak dengan bakteri yang memiliki muatan negatif maka dapat menyebabkan kerusakan membran dan kematian sel, 3. Bentuk nanopartikel dapat difungsikan sesuai kebutuhan untuk merusak membran, dalam hal ini bentuk nanopartikel dapat meningkatkan kekuatan adhesi yang dapat menghasilkan perubahan pada permukaan membran dan menyebabkan kerusakan. Bentuk nanopartikel menentukan sirkulasi darah, adsorpsi protein, kerusakan sel jaringan dan penyerapan sel imun. Nanopartikel bulat memiliki serapan seluler tertinggi dengan sedikit kerusakan membran, sedangkan nanopartikel berbentuk batang atau lainnya memiliki area kontak yang lebih besar dengan reseptor membran sel sehingga menciptakan lebih banyak kerusakan, 4. antimikroba dalam bentuk nanopartikel mudah disintesis dan dimodifikasi, dapat dibuat biokompatibel dan biodegradable dengan memanfaatkan bahan organik.

2.6 Uji Antimikroba

2.6.1 Uji Difusi Cakram (Uji Kirby-Bauer)

Penentuan aktivitas antimikroba dalam metode ini didasarkan pada kemampuan difusi zat antimikroba dalam media agar yang telah diinokulasi

dengan mikroba uji. Hasil yang diperoleh berupa ada tidaknya zona hambatan yang terbentuk di sekeliling zat antimikroba (Brooks *et al.*, 2007).

Metode difusi cakram merupakan salah satu metode difusi yang paling banyak digunakan. Pada metode ini digunakan suatu kertas cakram yang telah direndam pada larutan uji (zat antimikroba) di atas media padat yang telah diinokulasi dengan mikroba uji. Pencelupan cakram pada larutan uji dilakukan hingga seluruh permukaan cakram basah. Pengamatan dilakukan setelah hasil inokulasi diinkubasi pada waktu dan suhu tertentu. Pada umumnya hasil yang didapat bisa diamati setelah diinkubasi selama 18-24 jam dengan suhu 37°C. Pengamatan dilakukan dengan melihat dan mengukur zona bening di sekitar cakram (Mulyadi, 2013).

Metode difusi cakram banyak dipilih untuk uji antimikroba dikarenakan metode ini mudah dan sederhana untuk menentukan aktivitas antibakteri sampel yang diuji. Selain itu Pelczar & Chan (1998) menyebutkan bahwa pada metode difusi cakram kelebihan adalah mudah dilakukan, tidak memerlukan peralatan khusus dan relatif murah. Sedangkan kelemahannya adalah ukuran zona bening yang terbentuk tergantung kondisi inkubasi, inokulum, predifusi dan preinkubasi serta ketebalan medium. Metode difusi cakram juga tidak dapat dilakukan pada mikroorganisme yang pertumbuhannya lambat dan mikroorganisme yang bersifat obligat anaerob.

Kekuatan zona hambat suatu zat antimikroba menurut David Stout dikategorikan dalam empat kategori yaitu sangat kuat, kuat, sedang dan lemah. Kategori zona hambat pada metode difusi cakram dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kategori zona hambat menurut David Stout

Diameter	Kekuatan Zona Hambat
≥ 20 mm	Sangat kuat
10-20 mm	Kuat
5-10 mm	Sedang
≤ 5 mm	Lemah

Sumber : A'lana (2017)

2.6.2 Metode Dilusi

Metode dilusi digunakan untuk menentukan konsentrasi hambat minimum dan konsentrasi bunuh dari mikroba terhadap mikroba yang diujikan. Hasil pengamatan yang diperoleh berupa tumbuh atau tidaknya mikroba di dalam media. Pada metode ini dilakukan dengan membuat seri pengenceran agen antimikroba pada medium cair yang ditambahkan dengan mikroba uji. Kadar hambat minimum ditetapkan dengan melihat kadar terkecil yang tidak ditumbuhi mikroba pada larutan uji. Selanjutnya larutan dikultur ulang pada media cair tanpa penambahan mikroba uji maupun agen antimikroba dan diinkubasi selama 18-24 jam. setelah diinkubasi media cair yang tetep jernih ditetapkan sebagai kadar bunuh minimum (Pratiwi, 2008).

Mudihardi (2001) menyebutkan bahwa metode dilusi memiliki beberapa kekurangan diantaranya menghabiskan banyak waktu dan penggunaannya dibatasi pada keadaan tertentu. Cara sederhana untuk mengatasi uji dilusi yaitu mikrodilusi (*microdilution plate*). Keuntungan uji mikrodilusi adalah memberikan hasil kuantitatif yang menunjukkan jumlah antimikroba yang dibutuhkan untuk mematikan bakteri.

2.7 *Candida albicans*

2.7.1 Klasifikasi *Candida albicans*

Klasifikasi *Candida albicans* menurut Hendrawati (2008) adalah :

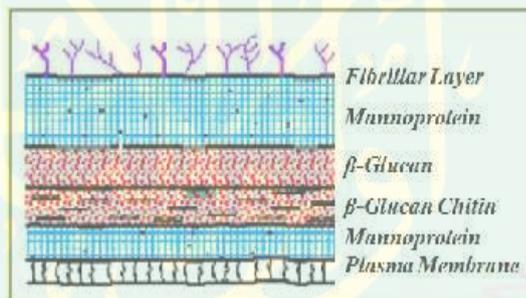
Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Subphylum	: Saccharomycotina
Class	: Saccharomycotales
Ordo	: Saccharomycetaceae
Genus	: <i>Candida</i>
Spesies	: <i>Candida albicans</i>

2.7.2 Morfologi *Candida albicans*

Candida albicans telah dikenal dan dipelajari sejak abad ke-18. *Candida albicans* biasanya dihubungkan dengan penyakit yang diakibatkan *hygiene* yang buruk. Jamur ini pertama kali dikenalkan pada *Third International Microbiology Congress* di New York pada tahun 1938 dan dibakukan pada *Eight Botanical Congress* di Paris pada tahun 1954 (Mutiawati, 2016). *Candida albicans* merupakan flora normal dan bersifat patogen invasif. Jamur *Candida albicans* biasanya terdapat pada rongga mulut, traktus gastrointestinal, traktus genitalia wanita dan kadang-kadang pada kulit. *Candida albicans* dapat ditemukan dalam jumlah 40-80% pada manusia normal (Srivastava, 2008).

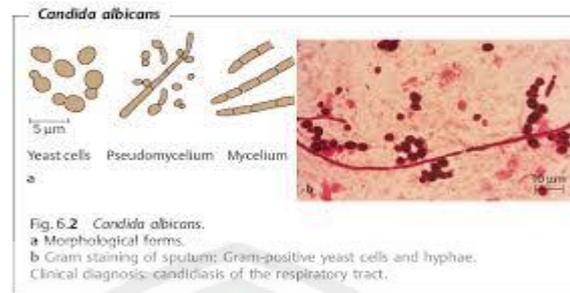
Candida albicans adalah organisme yang memiliki dua wujud dan bentuk secara simultan/*dimorphic organism*. Pertama adalah *yeast-like state* (non invasif dan *sugar fermenting organism*). Kedua adalah fungal form memproduksi *root-like structure* (struktur seperti akar yang panjang) dan dapat memasuki mukosa

(invasif). Vandepitte (2003) dan Greenwood (2007) menyebutkan bahwa dinding sel *Candida albicans* bersifat dinamis dengan struktur berlapis, tersusun atas beberapa jenis karbohidrat yang berbeda, sekiatar 80-90% yaitu (a) Mannan (*polymers of mannose*) berpasangan dengan protein membentuk glikoprotein (mannoprotein), (b) α -glucans yang bercabang menjadi polimer glukosa yang mengandung α -1,3 dan α -1,6 yang saling berikatan, dan (c) *chitin*, yaitu homopolimer *N-acetyl-D-glucosamine* (Glc-NAc) yang mengandung ikatan α -1,4. Komponen lainnya adalah protein (6-25%) dan lemak (1-7%). Struktur dinding sel *Candida albicans* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur dinding sel *Candida albicans* (Brooks, 2007)

Keyser (2005) menyebutkan bahwa pada pewarnaan gram positif *Candida albicans* ditemukan dalam bentuk *yeast* dengan bentuk oval, memiliki diameter berukuran $\pm 5 \mu\text{m}$ dan bereproduksi secara *budding*. Selain itu, *Candida albicans* dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, seperti *mycelium* dengan *pseudohyphae* dan kadang-kadang ditemukan dalam bentuk separte *mycelium*. Morfologi dan pewarnaan gram positif *Candida albicans* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Morfologi dan pewarnaan gram positif *Candida albicans* (Brooks, 2007)

Candida albicans tumbuh dengan baik pada pH antara 4,5 – 6,5, dengan suhu 28°C-37°C. Dalam proses metabolismenya *Candida albicans* membutuhkan senyawa organik sebagai sumber karbon dan energi. Jamur ini mampu melakukan metabolisme sel dalam suasana aerob maupun anaerob karena merupakan organisme anaerob fakultatif (Hadioetomo, 1993). *Candida albicans* dapat menyebabkan infeksi yang biasa disebut *Candidiasis*. Samarayanake (2002) mengelompokkan infeksi *Candida albicans* dalam 3 kelompok meliputi: *Candidiasis* superfisial merupakan infeksi *Candida albicans* di daerah mukosa, kulit dan kuku. *Candidiasis* mukokutan infeksi yang melibatkan kulit dan mukosa rongga mulut atau mukosa vagina. *Candidiasis* sistemik dapat melibatkan traktus respirasi bawah dan traktus urinary dengan menyebabkan candidaemia.

2.8 *Staphylococcus aureus*

2.8.1 Klasifikasi *Staphylococcus aureus*

Klasifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* menurut Brooks *et al.*, (2007)

adalah :

Devisi : Protophyta

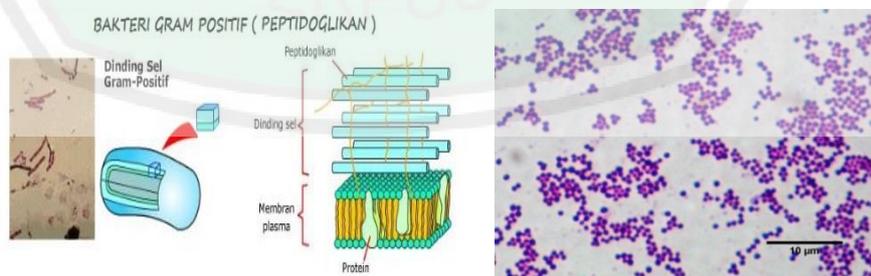
Kelas : Schizomycetes

Bangsa : Eubacterialis

Suku : Micrococcaceae
Marga : Staphylococcus
Spesies : *Staphylococcus aureus*

2.8.2 Morfologi *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus adalah bakteri yang berbentuk bulat, bersifat gram positif, biasanya tersusun dalam rangkaian yang tidak beraturan seperti buah anggur dan beberapa diantaranya tergolong flora normal pada kulit dan selaput mukosa manusia. *Staphylococcus aureus* mengandung polisakarida dan protein yang berfungsi sebagai antigen dan merupakan substansi penting di dalam struktur dinding sel, tidak membentuk spora dan tidak membentuk flagel (Jawetz *et al.*, 2008). Pada suhu 37°C *Staphylococcus aureus* dapat tumbuh dengan cepat, namun pada suhu 20 °C - 25 °C akan membentuk pigmen yang terlihat jelas. *Staphylococcus aureus* dapat membentuk koloni berwarna abu-abu sampai kuning emas tua. Gambar morfologi *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Morfologi *Staphylococcus aureus* (Kayser, 2005)

Staphylococcus aureus merupakan bakteri gram positif yang banyak menyerang manusia atau hewan. *Staphylococcus aureus* dapat menghasilkan berbagai macam penyakit mulai dari infeksi kulit dan jaringan lunak hingga menyebabkan *endocarditis*, *bakteremia* dan *pneumonia nekrotikans* (Gordon & Lowy, 2008). *Staphylococcus aureus* dapat bersifat toksin dalam jumlah 10^5 CFU/ml (SNI, 2009). Bakteri ini mampu memproduksi *Staphylococcal enterotoxins* (SE) yang bersifat patogen yang dapat menyebabkan keracunan pangan. Gejala umum keracunan SE ditandai dengan mual, muntah, kram perut dan diare yang terjadi selama 24-48 jam dengan masa penyembuhan antara 1-3 hari (Balaban, 2000).

Staphylococcus aureus menjadi agen yang sering menyebabkan osteomielitis dan arthritis septik (Gillespie, 2008). Pelczar dan Chan (1998) menyebutkan bahwa bakteri ini menempati daerah-daerah predominan pada anatomi manusia seperti pada kulit sebanyak 3-5%, hidung 20-85%, mulut, air liur dan permukaan gigi. Tanda-tanda yang khas akibat infeksi bakteri ini adalah adanya peradangan, *nekrosis* dan pembentukan *abses*. Pada kulit dan saluran urogenital, *S.aureus* merupakan flora normal, bakteri ini membentuk koloni terutama pada axilla, vagina, faring dan permukaan kulit lainnya. Dalam kondisi abnormal bakteri ini dikaitkan dengan infeksi nosocomial di rumah sakit, terutama akibat pemasangan alat prostetik atau tindakan instrumentasi (Mahon, 2011).

Rahmi (2015) menyebutkan bahwa *S.aureus* dapat menginfeksi organ reproduksi jantan dan dapat mengkontaminasi semen yang menyebabkan penularan ke organ reproduksi betina pada saat perkawinan. Moretti *et al.*, (2009)

menyebutkan bahwa terdapat beberapa bakteri yang sering mengkontaminasi spermatozoa dan menyebabkan infertil pada manusia dan hewan. Bakteri-bakteri tersebut meliputi *S.aureus*, *E.coli*, *Streptococcus agalactiae*, *S.epidermis*, *Streptococcus anginosus* dan *Morganella morganii*.

Staphylococcus aureus adalah salah satu bakteri yang banyak ditemui di organ preputium dan vagina. Rahmi (2015) menyebutkan bahwa interaksi dari berbagai faktor, baik dari *host* dan dari faktor virulensi bakteri menyebabkan keberadaan suatu bakteri di organ preputium dan vagina sangat kompleks. Terdapat dua jalur utama yang terpapar bakteri adalah hematogen dan *ascending*. Di preputium, jalur *ascending* bakteri melekat di permukaan mukosa dan berlanjut ke organ preputium. Bakteri hidup secara komersial di dalam preputium, penis, kulit perineum dan sekitar anus. *S.aureus* sangat rentan terhadap organ yang mengalami peradangan yang menyebabkan luka. Pada vagina peradangan dapat terjadi pascapartus sehingga memungkinkan terjadinya infeksi *S.aureus*.

Rahmi (2015) juga menyebutkan faktor lain yang dapat menyebabkan terjadinya infeksi *S.aureus* yaitu lemahnya pertahanan tubuh dan tingkat perawatan kebersihan. Akibat kondisi ini *S.aureus* dapat mudah masuk dan menginfeksi saluran kemih dari organ preputium maupun vagina. Bakteri ini kemudian berkembang biak di saluran kemih sampai ke kandung kemih. Kondisi ketika selaput mukosa bertemu dengan kulit (saluran kelamin) secara langsung bisa menjadi penyebab masuknya bakteri ke dalam tubuh. Samirah (2006) menyebutkan bahwa bakteri menghuni daerah sekitar kandung kemih seperti

ujung uretra bagian bawah dan akan menginfeksi bagian lain disekitar kandung kemih seperti di meatus uretra, preputium dan vagina.

2.9 *Escherichia coli*

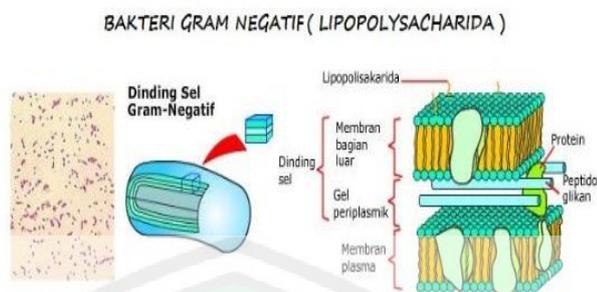
2.9.1 Klasifikasi *Escherichia coli*

Klasifikasi bakteri *Escherichia coli* menurut NCBI (2010) yaitu :

Divisi	: Protophyta
Kelas	: Schizomycetes
Ordo	: Eubacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>

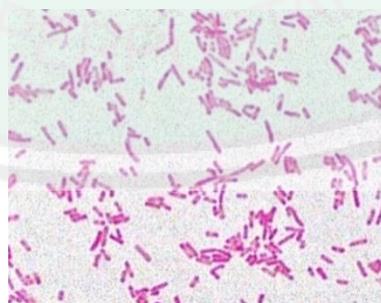
2.9.2 Morfologi *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan flora normal yang dapat ditemukan di dalam usus besar manusia, bakteri ini termasuk dalam kelompok gram negatif enterik (*Enterobacteriaceae*). *E. coli* bersifat patogen jika berada di luar usus. *Escherichia coli* dapat menjadi penyebab infeksi saluran kemih, saluran empedu, dan diare (Jawetz, 2008). Bakteri *Escherichia coli* (gram negatif) memiliki dinding sel yang lebih kompleks dibandingkan bakteri gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif tersusun atas tiga lapisan yaitu lipopolisakarida, protein dan fosfolipid. Bagian membran terluar terdapat *porin* yang bersifat hidrofilik (Iskandar, 2010). Struktur dinding sel *E.coli* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Struktur dinding sel *Escherichia coli* (Kayser, 2005)

Escherichia coli dikeluarkan melalui saluran pencernaan lewat feses dalam jumlah mencapai 10^8 - 10^9 *E.coli*/gram (Bettelheim, 2000). *Escherichia coli* dibagi menjadi beberapa serotype berdasarkan antigen permukaan utamanya yaitu antigen kapsul (K), antigen somatik (O) dan antigen flagella (H) (Stenutz *et al.*, 2006). Bakteri *Escherichia coli* (Gambar 2.10) berbentuk bulat cenderung ke batang panjang, biasanya berukuran $0,5 \times 1 - 3\mu$, bergerak menggunakan flagella peritrik, tidak membentuk spora. Tumbuh optimum pada suhu 37°C dan tumbuh baik pada suhu $8-46^\circ\text{C}$ (Melliawati, 2009).



Gambar 2.10 Morfologi *Escherichia coli* (Stevens, 2017)

Bakteri *Escherichia coli* dapat melindungi saluran pencernaan dari bakteri usus yang patogenik dengan menghasilkan kolisin. Bakteri ini juga dapat

dijadikan sebagai indikator untuk menguji adanya pencemaran air oleh tinja. *Escherichia coli* juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan dikarenakan bakteri ini merupakan mikrobiota normal di saluran pencernaan yang dibuktikan dalam galur-galur tertentu dapat menyebabkan gastroenteritis taraf sedang sampai parah pada manusia dan hewan. *Escherichia coli* juga menyebabkan diare akut yang dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu enteropatogenik (penyebab gastroenteritis akut pada bayi yang baru lahir sampai yang berumur 2 tahun), enteroinaktif dan enterotoksigenik (penyebab diare pada anak-anak yang lebih besar dan pada orang dewasa) (Milleawati, 2009).

Swetha *et al.* (2014) menyebutkan bahwa *Escherichia coli* merupakan bakteri yang menjadi penyebab infeksi saluran kemih (ISK) terbesar dibandingkan dengan bakteri lainnya (Sekitar 80-95%). Bakteri ini tumbuh dengan cepat dalam suasana aerob dan anaerob, dapat memfermentasi glukosa dan bersifat oksidasi negatif (Champoux *et al.*, 2004). Bakteri *Escherichia coli* dapat masuk ke saluran kemih melalui beberapa cara yaitu ascending, hematogen, limfogen ataupun penularan secara langsung dari organ-organ disekitar yang telah mengalami infeksi (Israr, 2009).

Infeksi *Escherichia coli* dapat tersebar melalui air yang terkontaminasi. Infeksi bakteri ini akan meningkat pada individu yang mengalami penurunan sistem imunitas. Ronald (2003) menyebutkan bahwa patogenitas *E.coli* yang menyebabkan infeksi saluran kemih adalah melalui mekanisme pelekatan pili atau fimbria. Infeksi terjadi melalui pelepasan senyawa adhesin oleh bakteri yang terkolonisasi di vagina dan saluran kemih untuk melekat pada mukosa. Selain itu

terdapat faktor lain yang menyumbang virulensi bakteri *Escherichia coli* adalah *cytolysin* dan *aerobactin*.

Ronald (2003) *Cytolysin* menyumbang virulensi dengan membunuh sel efektor dan menghambat fagositosis dan kemotaksis sel-sel leukosit, sedangkan *aerobactin* bertugas membantu kuman untuk mencerna zat besi yang digunakan untuk metabolisme sel. Kondisi ini menyebabkan *E.coli* dapat dengan mudah bereplikasi dan menembus mekanisme pertahanan tubuh inang. Israr (2009) menyebutkan kejadian infeksi saluran kemih tidak hanya disebabkan oleh infeksi bakteri, tetapi juga karena terjadinya penurunan kompetitor adesi patogen di dalam tubuh akibat sistem imun *host* yang terganggu.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dan menggunakan analisis deskriptif kuantitatif. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) yang diperoleh dari UPT. Materia Medica Batu. Serbuk umbi bawang putih kemudian di ekstrak dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 70% dengan perbandingan 1 : 5 (100gr bawang putih : 500mL etanol). Rendaman sampel kemudian dishaker selama 24 jam dengan kecepatan 130 rpm. Setelah itu sampel disaring dan ampas yang diperoleh dimaserasi kembali dengan pelarut yang sama sampai tiga kali pengulangan. Maserat yang diperoleh kemudian dipisahkan dengan pelarutnya menggunakan *rotary evaporator* sehingga diperoleh ekstrak pekat berwarna kecoklatan.

Selanjutnya dilakukan pembuatan nanopartikel ekstrak umbi bawang putih dengan menggunakan metode gelas ionik dan dilanjutkan dengan sonikasi. Uji antimikroba ekstrak bawang putih dan nanopartikel bawang putih dilakukan dengan dua metode yaitu metode difusi dan dilusi. Metode difusi kertas cakram (Kirby-Bauer) dilakukan untuk melihat luas zona hambat di sekeliling kertas cakram. Sedangkan metode dilusi untuk memperoleh konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM).

Nilai KHM dan KBM didapat dari hasil penegasan dengan metode *spread plate*. Variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,313%,

0,156%, dan 0,078% ditambah kontrol positif dan kontrol negatif. Dalam penelitian ini terdapat 8 perlakuan dengan 2 ulangan.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2018 – Maret 2019 untuk sintesis dan karakterisasi nanopartikel bawang putih. Dilanjutkan penelitian uji antimikroba nanopartikel bawang putih pada bulan Oktober 2019 – April 2020. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Laboratorium Fisiologi Hewan, Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Laboratorium Teknologi Farmasi Fakultas Ilmu Kedokteran Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Biosains Universitas Brawijaya Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel-variabel dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis pelarut yang digunakan, konsentrasi uji kertas cakram 2,5% dan konsentrasi uji KHM dan KBM 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,313%, 0,156%, dan 0,078%.

2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah diameter zona hambat, tingkat kekeruhan larutan untuk KHM, dan jumlah koloni mikroba yang tumbuh pada media untuk KBM.

3. Variabel terkendali

Variabel terkendali dalam penelitian ini adalah variabel yang diusahakan sama dalam setiap perlakuan meliputi media, diameter kertas cakram, suhu inkubasi, waktu inkubasi, dan pH.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (Sartorius), *beaker glass* 1000 mL (Iwaki), *shaker*, *erlenmeyer* 500mL (Iwaki), gelas ukur (Iwaki), corong gelas, pengaduk kaca, tube 15 mL, kertas saring, *rotary evaporator*, corong *Buchner*, spatula, *hot plate* (Barnstead/Thermolyne), cawan petri, *paper disk* 5 mm, *well* 96, *magnetic stirrer*, oven (Heraeus), inkubator (Memmert), *sentrifuge* (Thermo scientific), *sonikator* (Cole pamer CV188), *homogenizer* (Ika T-25 ultra turrax), *autoklaf* (ALP KT-30 L), *laminar air flow* (ESCO AHC-4A1), tabung reaksi, rak tabung reaksi, mikropipet, pinset, jangka sorong, lemari es, *vortex* (Barnstead/Thermolyne), *colony counter* (Stuart SCG funkegerber), aluminium foil, kertas whatmann, kertas label, plastik wrap, kantong palstik, dan karet gelang.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk simplisia umbi bawang putih, kitosan, sodium tripolifosfat (STPP), asam asetat glasial, tween 80, etanol 70%, aquades, isolat *Candida albicans* (CV-1425), *Staphylococcus aureus* (1906-SV), *Escherichia coli* (1906-SV), media agar SDA (Hi media MO63-500G), SDB (Hi media MO63-500G), NA (MERCK) dan NB

(OXAD CM0001B), kloromfenicol, nistatin, klindamisin, DMSO, NaCl 0,9%, alkohol 70%, spirtus, kain kassa, kapas dan tissue.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Ekstraksi Umbi Bawang Putih

100 gram serbuk simplisia bawang putih dimasukkan ke dalam beaker glass kemudian ditambahkan 500 mL etanol 70%, ditutup dengan alumunium foil dan direndam selama 24 jam sambil di shaker pada kecepatan 130 rpm (Yenie, 2013). Setelah itu sampel disaring dengan penyaring *Buncher* dan ampas yang dihasilkan dimaserasi kembali dengan pelarut yang sama sampai 3 kali pengulangan. Maserat yang diperoleh kemudian diekstrak dengan *rotary evaporator* dengan menggunakan suhu 50°C sampai diperoleh ekstrak pekat berwarna coklat tua (Yudhistira, 2012).

3.5.2 Pembuatan Nanopartikel Bawang Putih

Disiapkan 0,5% (0,5 mL) asam asetat glasial dan ditambahkan aquades hingga 100 mL. Selanjutnya ditambahkan 0,5% (0,5 gram) kitosan dan dihomogenkan. Setelah itu ditambahkan larutan STPP 0,5% (0,1 gram) sebanyak 20 ml dan dihomogenizer dengan kecepatan 1000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya ditambahkan 0,1 gram ekstrak bawang putih, dihomogenizer dengan kecepatan 1000 rpm selama 10 menit. Kemudian ditambahkan 1 ml tween 80 dan dihomogenizer pada kecepatan 4000 rpm selama 60 menit. Campuran yang diperoleh kemudian disonikasi dengan frekuensi 20 kHz dan amplitudo 80% selama 90 menit. Setelah itu hasil sonikasi dimasukkan ke dalam tes tube 15 ml untuk di sentrifugasi. Pellet hasil sentrifuge kemudian dimasukkan ke dalam deep

freezer untuk memperoleh serbuk nanopartikel. Selanjutnya serbuk nanopartikel bawang putih dikarakterisasi dengan analisis PSA dan SEM (Pakki *et al.*, 2016 modifikasi).

3.6 Uji Antimikroba Nanopartikel Bawang Putih

3.6.1 Sterilisasi alat

Sterilisasi merupakan suatu usaha untuk menghilangkan atau menghancurkan segala bentuk kehidupan, terutama mikroorganisme dari peralatan dan bahan yang akan digunakan (Savitri, 2010). Alat-alat yang akan disterilisasi dibungkus dengan menggunakan kertas dan kapas, kemudian dibungkus plastik. Setelah itu dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 15 Psi (Per Square Inchi) selama 15 menit. Alat yang tidak tahan panas tinggi disterilisasi dengan alkohol 70% (Mulyadi, 2013).

3.6.2 Pembuatan Media

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Natrium Agar

14 gr bubuk media NA ditimbang, kemudian dilarutkan dengan aquades ke dalam erlenmeyer sampai volume 500 mL. Setelah itu, larutan media dipanaskan sampai bubuk media NA benar-benar larut. (Dewi, 2010).

2. Natrium Broth

2 gr bubuk media NB dilarutkan dengan aquades ke dalam erlenmeyer, hingga volume 150 mL. Selanjutnya panaskan larutan media dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai bubuk media NB benar-benar larut (Hudaya, 2010).

3. Saboround Dextrose Agar

19,5 gr bubuk media SDA ditimbang, kemudian dilarutkan dengan aquades hingga volume 300 mL di dalam erlenmeyer. Setelah itu larutan media dipanaskan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai bubuk media SDA benar-benar larut. Kemudian ditambahkan krofomfenicol 120 mg dan NaCl 0,9% sebanyak 4,8 mL (Warsinah, 2011).

4. Saboround Dextrose Broth

30 gr bubuk media SDB dilarutkan dengan aquades ke dalam erlenmeyer, hingga volume 1000 mL. Kemudian larutan media dipanaskan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai bubuk media SDB benar-benar larut (Warsinah, 2011).

3.6.3 Peremajaan Mikroba Uji

Peremajaan dilakukan dengan mengambil masing-masing 1 ose bakteri/jamur pada media, kemudian diinokulasikan ke media agar miring. Jamur diinokulasikan pada media SDA dan bakteri diinokulasikan pada media NA. Selanjutnya hasil inokulasi diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Nurullaili, 2013; Warsinah, 2011).

3.6.4 Pembuatan Larutan Uji Nanopartikel Bawang Putih

Mengacu pada penelitian Mustika (2018) pembuatan larutan uji dilakukan dengan menimbang masing-masing ekstrak bawang putih dan nanopartikel bawang putih sebanyak 0,025 gr dan dilarutkan dalam 1 mL DMSO (dimetil sulfoksida) sebagai larutan stok hingga didapatkan konsentrasi 2,5% (b/v). Untuk melihat nilai KHM dan KBM dibuat variasi konsentrasi sebagai berikut : 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,313%, 0,156% dan 0,078%.

3.6.5 Pembuatan Inokulum Mikroba Uji

Pembuatan inokulum dilakukan dengan mengambil 1 ose mikroba dan dimasukkan kedalam 10 mL media steril (NB untuk bakteri dan SDB untuk jamur). Kemudian larutan yang berisi inokulum dihomogenkan dengan vortex sampai homogen dan dibandingkan tingkat kekeruhannya dengan ketentuan Mc Farland yakni 10^8 CFU/mL atau dapat diukur dengan menggunakan spektrofometri UV λ 580 nm dan transmittan 25% (Natasya, 2018).

3.6.6 Uji Daya Hambat Difusi Cakram (Uji Kirby-Bauer)

Uji difusi cakram dilakukan dengan menggunakan kertas cakram berdiameter 5 mm (Lekshmi, 2012). Metode yang digunakan yaitu *spread plate*. Suspensi *Candida albicans* diletakkan diatas media SDA steril sebanyak 100 μ l. Begitupun dengan suspensi *E.coli* dan *S.aureus* juga diletakkan diatas media NA steril sebanyak 100 μ l. Selanjutnya masing-masing kertas cakram direndam dengan ekstrak bawang putih dan ekstrak nanopartikel konsentrasi 2,5% selama 1 jam. Perlakuan ini juga dilakukan pada kontrol positif dengan merendam kertas cakram pada nistatin dan klindamisin selama 1 jam. Sedangkan pada perlakuan kontrol negatif kertas cakram direndam pada larutan DMSO (Sulistiyorini, 2015).

Kertas cakram yang telah direndam kemudian diletakkan di atas permukaan media dan sedikit ditekan dengan menggunakan pinset steril. Kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Lutfiyanti, 2012). Setelah itu diamati luas zona bening disekitar kertas cakram. Zona bening diukur dengan menggunakan jangka sorong. zona bening menunjukkan adanya aktivitas daya

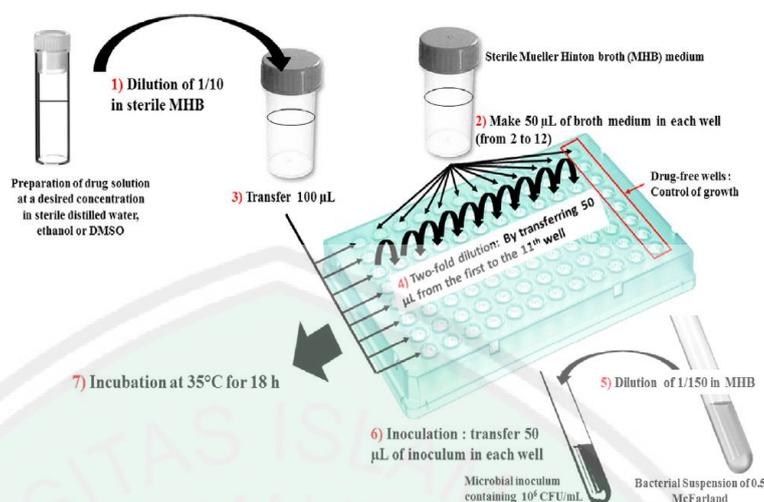
hambat zat antimikroba yang digunakan. Diameter zona hambat = Diameter zona bening - Diameter kertas cakram (Rahayu, 2013).

3.6.7 Uji Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum

Penentuan nilai KHM dan KBM dilakukan dengan uji penegasan menggunakan metode *spread plate*. Hasil uji yang digunakan adalah semua media yang memberikan kejernihan media secara visual. Konsentrasi hambat minimum merupakan konsentrasi terkecil yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba uji. Sedangkan konsentrasi bunuh minimum adalah konsentrasi terkecil yang dapat membunuh mikroba atau tidak ditumbuhi mikroba sama sekali (Arinta, 2015).

Uji KHM dan KBM dilakukan dengan menggunakan metode mikrodilusi. Metode mikrodilusi menggunakan *microplate* (*Well* 96) dengan pengenceran bertingkat (Muchtarmah, 2016). Uji ini menggunakan variasi konsentrasi 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,313%, 0,156% dan 0,078% dengan 4 perlakuan dan 2 kali ulangan.

Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat konsentrasi ekstrak bawang putih dan nanopartikel bawang putih 2,5%. Sumuran 1 diisi dengan 100 μ l nanopartikel, sumuran 2 sampai 6 diisi dengan 50 μ l media. Kemudian dilakukan pengenceran pada sumuran 2-6 dengan mengambil 50 μ l suspensi dari sumuran 1 dipindah ke sumuran 2 begitu seterusnya sampai sumuran terakhir. Langkah ini juga berlaku untuk kontrol positif dan kontrol negatif. Selanjutnya ditambahkan 50 μ l suspensi mikroba dari media SDB dan NB pada semua konsentrasi (Devi, 2016). Langkah uji KHM dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Metode *Broth Microdilution* untuk Uji Antimikroba berdasarkan Ketentuan CLSI (Balouiri, 2016)

Diinkubasi well yang berisi perlakuan pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 16-20 jam (CLSI, 2016). Setelah itu diamati kekeruhannya untuk melihat nilai KHM. Widyaningrum (2015) menyebutkan bahwa KHM ditandai dengan tidak adanya kekeruhan pada tabung uji. Nilai KBM dapat dilihat dengan mengambil 10 μL suspense pada masing-masing konsentrasi kemudian diinokulasikan pada media agar, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Jumlah koloni yang tumbuh kemudian dihitung menggunakan *colony counter*.

3.7 Perhitungan Koloni Mikroba

Perhitungan koloni mikroba dilakukan dengan menggunakan *colony counter* setelah biakan diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C . Biakan yang dihitung adalah koloni yang tumbuh sesuai dengan standart plat count yaitu 30-300 koloni per cawan. Adapun cara menghitung koloni adalah sebagai berikut (Khunaifi, 2010) :

- a. Satu koloni dihitung 1 koloni
- b. Dua koloni yang bertumpuk dihitung 1 koloni
- c. Beberapa koloni yang berhubungan dihitung 1 koloni
- d. Dua kloni yang berhimpitan dan masih dapat dibedakan dihitung 2 koloni
- e. Satu kumpulan koloni yang besar dimana jumlah koloninya diragukan dihitung sebagai 1 koloni
- f. Satu koloni yang membentuk satu deretan atau rantai dan terlihat sebagai satu garis tebal dihitung sebagai 1 koloni
- g. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, kemudian dihitung jumlah koloni per mL dengan cara sebagai berikut :

Jumlah koloni = jumlah koloni tiap cawan x 1/FP

FP (Faktor pengencer) = pengenceran x jumlah yang diencerkan.

3.8 Analisis Data

Data yang diperoleh dari uji antimikroba nanopartikel bawang putih (*Allium sativum* L.) yaitu hasil pengukuran diameter zona hambat dan jumlah koloni mikroba. Pada uji difusi cakram, data diperoleh dengan mengukur diameter zona hambat disekeliling kertas cakram. Nilai KHM dapat ditentukan dengan melihat konsentrasi minimal yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba sedangkan nilai KBM ditentukan dengan melihat konsentrasi minimal yang mampu membunuh mikroba atau tidak ditumbuhi mikroba. Nilai KHM dan KBM yang diperoleh berupa total koloni mikroba dari hasil penegasan dengan metode *spread plate*. Total koloni mikroba dihitung dengan menggunakan *colony counter* (Dwijayanti, 2011).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Difusi Cakram Nanopartikel Bawang Putih

Allah SWT berfirman dalam QS. Yaasin ayat 33, yang berbunyi:

وَأَيُّهُمُ الْأَرْضُ الْمَيْتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ

Artinya: “Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang maha besar) bagi mereka adalah bumi yang mati (tandus). Kami hidupkan bumi itu dan kami keluarkan daripadanya biji bijian, maka daripadanya mereka makan”(QS. Yaasin:33).

Ayat di atas menyebutkan bahwa Allah SWT telah mehidupkan bumi yang mati dengan menumbuhkan berbagai tanaman. Tafsir Ibu Katsir menyebutkan bahwa pada lafadz yang berartikan “Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang maha besar) bagi mereka” menggambarkan tentang kekuasaan Allah yang sangat besar, salah satunya dapat mendatangkan hujan sehingga menumbuhkan berbagai macam tanaman yang dapat dimanfaatkan makhluknya, khususnya manusia agar senantiasa memanfaatkannya dengan benar. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan adalah bawang putih. Bawang putih memiliki potensi sebagai bahan pengobatan yaitu sebagai antimikroba.

Uji difusi cakram bertujuan untuk mengetahui diameter zona hambat yang dihasilkan oleh nanopartikel bawang putih terhadap mikroba uji. Uji difusi cakram dilakukan dengan merendam *paper disk* pada larutan uji yang kemudian diletakkan di atas media agar yang telah ditanami mikroba uji. Konsentrasi yang digunakan adalah 2,5%. Hasil yang diperoleh berupa diameter zona hambat yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rata-rata diameter zona hambat nanopartikel bawang putih

Perlakuan	Diameter Zona Hambat (mm) \pm SD					
	<i>Escherchia coli</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Candida albicans</i>	
	Rata-rata	Kategori	Rata-rata	Kategori	Rata-rata	Kategori
K+	28,49 \pm 1,20	Sangat kuat	38,87 \pm 3,77	Sangat kuat	16,62 \pm 0,96	Kuat
K-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
Ekstrak bawang putih	9,86 \pm 1,51	Sedang	6,14 \pm 0,46	Sedang	6,49 \pm 0,37	Sedang
Nanopartikel bawang putih	7,14 \pm 0,52	Sedang	5,02 \pm 0,88	Sedang	7,68 \pm 0,27	Sedang

Keterangan:

K+ = Klindamisin (bakteri), nistatin (jamur)

K- = DMSO

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas menunjukkan bahwa bahan uji yang digunakan memiliki aktivitas antimikroba yang ditunjukkan dengan adanya zona hambat yang terbentuk pada masing-masing uji. Adapun nilai zona hambat pada masing-masing perlakuan yaitu: ekstrak bawang putih memiliki zona hambat sebesar 9,86 mm pada *E.coli*, 6,14 mm pada *S.aureus* dan 6,49 mm pada *C.albicans*. Nilai zona hambat yang terbentuk pada nanopartikel bawang putih adalah 7,14 mm pada *E.coli*, 5,02 mm pada *S.aureus* dan 7,68 mm pada *C.albicans*. Berdasarkan nilai zona hambat yang dihasilkan, ekstrak bawang putih dan nanopartikel bawang putih memiliki kemampuan zona hambat yang tidak jauh berbeda, karena kekuatan zona hambatnya sama (sedang).

Perlakuan kontrol positif memiliki zona hambat sebesar 28,49 mm pada *E.coli*, 38,87 mm pada *S.aureus* dan 16,62 mm pada *C.albicans*. Nilai diameter zona hambat pada kontrol positif merupakan nilai terbesar dibandingkan

perlakuan lainnya. Hal ini membuktikan bahwa pada kontrol positif memiliki senyawa yang lebih murni. Menurut Bhanderi (2009) nistatin sebagai antijamur bekerja dengan merusak dinding sel fungi, perusakan diawali dengan menempelnya antifungi pada membran sel yang selanjutnya membentuk suatu saluran (*channel*) yang menyebabkan kebocoran pada dinding sel dan kehilangan elektrolit (K^+). Hal ini mengakibatkan keseimbangan gradient proton membran terganggu dan sel mengalami kematian.

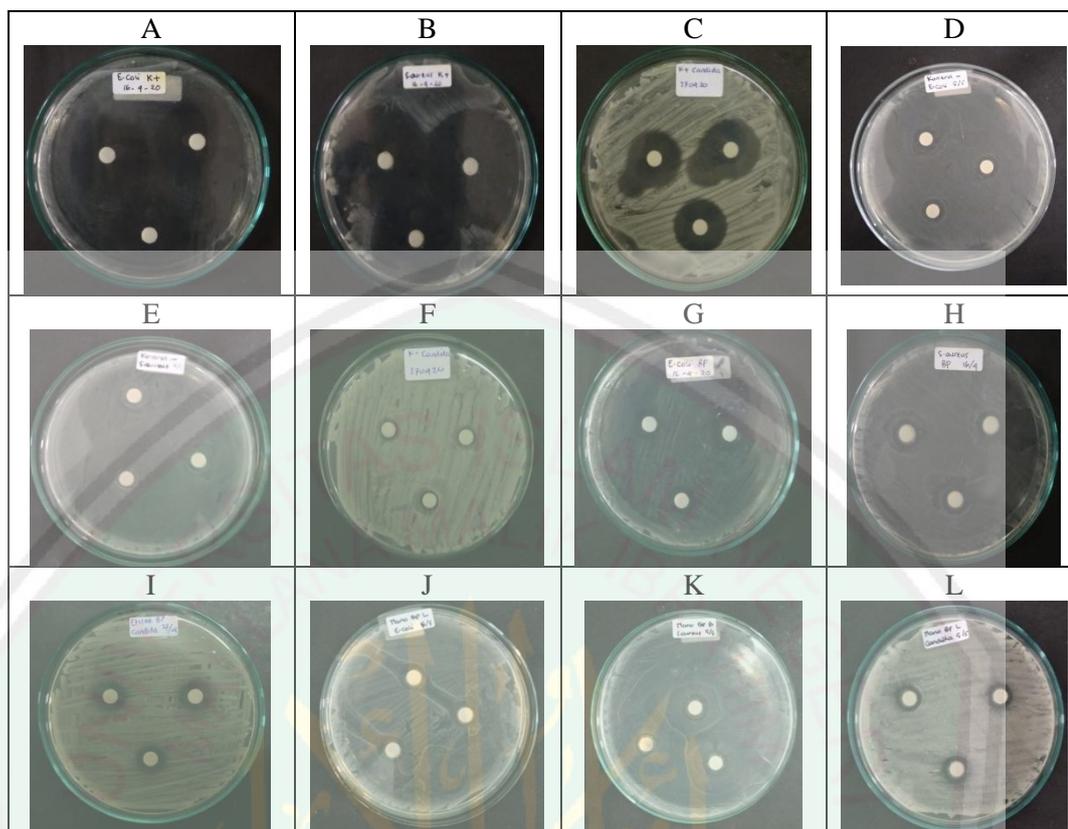
Klindamisin sebagai kontrol positif bakteri dalam perannya sebagai antimikroba bekerja dengan menghambat pertumbuhan atau reproduksi bakteri. Mekanisme kerja klindamisin yaitu dengan menghambat sintesa protein, meliputi pemotongan rantai peptida, memblok celah aminosil (site A) pada ribosom, kesalahan membaca kode genetik atau mencegah penempelan rantai oligosakarida pada glikoprotein (Compound, 2014).

Kontrol negatif pada penelitian ini menggunakan larutan DMSO (*Dimethyl sulfoxide*) dan hasilnya tidak membentuk zona hambat (0 mm). Hal ini membuktikan bahwa pelarut tidak berpengaruh terhadap aktivitas antimikroba. Niswah (2014) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa hasil uji antibakteri ekstrak parijoto terhadap *E.coli* dan *S.aureus* menggunakan DMSO sebagai kontrol negatif tidak menghasilkan zona hambat. DMSO dipilih sebagai pelarut karena dapat melarutkan senyawa polar dan non polar tanpa memberikan zona hambat. Selain itu ekstrak dapat terdispersi merata di dalam medium untuk mendapat hasil yang homogen.

Muchtaromah *et al.*, (2019) dalam penelitiannya tentang screening fitokimia bawang putih menggunakan LCMS menyebutkan bahwa terdapat beberapa senyawa dengan konsentrasi yang berbeda mulai dari *allyl methyl sulfide*, *allin*, *allyl mercaptan*, *diallyl thiosulfinate (allicin)* dan *diallyl disulfide (ajoene)*. Senyawa-senyawa tersebut merupakan komponen utama dalam bawang putih yang memiliki potensi sebagai antibakteri dan terpeutik lainnya (Dusica, 2011). Pajan *et al.*, (2016) *Allicin* adalah komponen sulfur bioaktif utama yang digunakan oleh bawang putih sebagai perlindungan diri dari serangan bakteri.

Nighojar *et al.*, (2019) menyebutkan bahwa senyawa yang terkandung dalam bawang putih sebagian besar mempunyai target protein terhadap enzim lyase (*allicin*, *p-coumaric acid*, *allin*, *caffeic acid*, *sinapic acid*). Enzim lyase adalah enzim yang mampu mengkatalisis pemecahan beberapa ikatan kimia selain cara hidrolisis dan oksidasi. Beberapa target enzim liase dari senyawa yang terkandung dalam bawang putih adalah *carbonic anhydrase*. Senyawa inilah yang kemungkinan berperan sebagai antibakteri karena mampu memutus ikatan dinding sel bakteri (Hu *et al.*, 2019).

Besarnya diameter zona hambat yang terbentuk bergantung pada besarnya jumlah senyawa yang tersari pada kertas cakram, sehingga dapat mempengaruhi besar kecilnya diameter hambat yang terbentuk. Mahmud (2013) menyatakan bahwa senyawa yang terkandung dalam tanaman dapat saling memperkuat, memperlemah, memperbaiki atau merubah sama sekali sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan atau penurunan besar zona hambat. Hasil pengamatan diameter zona hambat dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Hasil pengamatan uji difusi cakram (A) kontrol positif *E.coli* (B) kontrol positif *S.aureus* (C) kontrol positif *C.albicans* (D) kontrol negatif *E.coli* (E) kontrol negatif *S.aureus* (F) kontrol negatif *C.albicans* (G) bawang putih *E.coli* (H) ekstrak bawang putih *S.aureus* (I) ekstrak bawang putih *C.albicans* (J) nanopartikel bawang putih *E.coli* (K) nanopartikel bawang putih *S.aureus* (L) nanopartikel bawang putih *C.albicans*.

Berdasarkan Gambar 4.1 di atas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan luas zona bening (diameter zona hambat) pada masing-masing perlakuan. Zona hambat yang terbentuk pada uji difusi cakram dipengaruhi oleh dua hal yaitu kemampuan ekstrak untuk berdifusi ke seluruh bagian media dan keberadaan senyawa aktif untuk menghambat pertumbuhan mikroba melalui mekanismenya masing-masing (Dewi, 2010). Peningkatan dan penurunan zona hambat juga dipengaruhi oleh temperatur inkubasi, waktu pemasangan cakram dan jarak kertas cakram (Prescott, 2005).

Kemampuan zona hambat antara bahan uji yang berbentuk ekstrak dan bahan uji yang berbentuk nanopartikel termasuk kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa belum terdapat perbedaan yang signifikan terhadap hasil uji, namun keduanya sama-sama memberikan aktivitas antimikroba. Nanopartikel dalam penelitian ini menggunakan bawang putih yang merupakan bahan alam yang termasuk dalam kelompok bahan organik. Romero (2012) menyebutkan, nanopartikel berbahan organik memiliki karakter yang dinamis, dimana misel dan vesikel dapat menyatu sehingga menghasilkan partikel yang lebih besar. Ukuran dan geometri molekul organik menjadi salah satu pembatas dalam pembentukan nanopartikel organik. Ukuran partikel juga bisa berubah dan tidak selalu dalam ukuran nano seperti halnya nanopartikel berbahan anorganik. Rawat *et al.*, (2006) menyebutkan bahwa nanopartikel memiliki kelemahan yaitu mudah teragregasi sehingga penyimpanan dan penanganan nanopartikel cukup sulit dilakukan.

Haryono (2008) menyebutkan bahwa kemampuan antimikroba nanopartikel dipengaruhi oleh karakteristik fisik seperti ukuran, bentuk dan sifat permukaan. Selain itu, rasio luas permukaan terhadap volume semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel sehingga nanopartikel memiliki kemampuan antimikroba yang lebih besar. Hasil karakterisasi nanopartikel bawang putih pada penelitian Muchtaromah *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa rata-rata distribusi ukuran partikel pada analisis PSA (*Particle Size Analyzer*) adalah 724 nm. Ukuran nanopartikel pada penelitian ini masih tergolong besar, sehingga aktivitas antimikroba yang dihasilkan masih rendah. Guzman (2009) semakin kecil ukuran nanopartikel maka semakin besar aktivitas antimikrobanya.

Sejalan dengan ini, Suranintyas (2008) menyebutkan bahwa nanopartikel mampu menunjukkan sifat khasnya pada ukuran dibawah 100 nm.

Suranintyas (2008) juga menyebutkan bahwa menurunnya aktivitas antimikroba nanopartikel adalah ukuran nanopartikel yang membesar. Peningkatan ukuran inilah yang kemudian menyebabkan penurunan kemampuan kontak langsung antara zat antimikroba dengan membran sel mikroba uji. Selain itu, terjadinya agregasi yang cepat dan ukuran partikel yang tidak merata menyebabkan stabilitas sistem dispersi menjadi sulit dikontrol. Morfologi partikel juga berperan penting dalam memberikan aktivitas antimikroba, karena morfologi partikel yang kurang *sferis* akan mempermudah kontak antar partikel yang menyebabkan agregasi.

4.2 Uji Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum Nanopartikel Bawang Putih

Hasil uji zona hambat dari bawang putih dan nanopartikel bawang putih pada konsentrasi 2,5% menunjukkan adanya aktivitas antimikroba terhadap *C.albicans*, *E. coli* dan *S. aureus*, artinya bahan uji memiliki potensi sebagai antimikroba. Sehingga perlu dilakukan uji lanjut dengan menggunakan variasi konsentrasi untuk menentukan konsentrasi terendah dari bawang putih dan nanopartikel bawang putih yang dapat menghambat pertumbuhan *C.albicans*, *E. coli* dan *S.aureus*.

Uji KHM dan KBM bertujuan untuk mengetahui konsentrasi terendah yang dapat menghambat dan membunuh mikroba. Uji konsentrasi hambat minimum dilakukan dengan menggunakan *microplate* dan dilakukan dengan

metode dilusi cair. Pada penelitian ini konsentrasi yang digunakan yaitu 2,5%, 1,25%, 0,625%, 0,313%, 0,156% dan 0,078%. Hasil uji konsentrasi hambat minimum (KHM) dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil uji konsentrasi hambat minimum secara kualitatif

Perlakuan	Mikroba uji	U	Konsentrasi (%)					
			2,5	1,25	0,625	0,313	0,156	0,078
K+	<i>E.coli</i>	1	-	-	-	+	++	++
		2	-	-	-	-	-	+
	<i>S.aureus</i>	1	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	+
	<i>C.albicans</i>	1	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-
Ekstrak bawang putih	<i>E.coli</i>	1	-	-	-	++	++	++
		2	-	-	-	++	++	++
	<i>S.aureus</i>	1	-	-	-	++	++	++
		2	-	-	-	++	++	++
	<i>C.albicans</i>	1	-	-	-	+++	+++	+++
		2	-	-	-	++	++	++
Nanopartikel bawang putih	<i>E.coli</i>	1	-	-	-	++	++	+++
		2	-	-	-	++	++	+++
	<i>S.aureus</i>	1	-	-	-	++	++	+++
		2	-	-	-	++	++	+++
	<i>C.albicans</i>	1	-	-	-	++	++	+++
		2	-	-	-	++	++	+++
K-	<i>E.coli</i>	1	+	+	++	+++	+++	+++
		2	+	+	++	+++	+++	+++
	<i>S.aureus</i>	1	+	++	+++	+++	+++	+++
		2	+	++	+++	+++	+++	+++
	<i>C.albicans</i>	1	+	+	++	+++	+++	+++
		2	+	+	++	+++	+++	+++

Keterangan :

- : jernih
 + : agak keruh
 ++ : keruh
 +++ : sangat keruh
- K+ : klindamisin (bakteri), nistatin (jamur)
 K- : DMSO

Berdasarkan Tabel 4.2 di atas, hasil uji KHM dapat dilihat berdasarkan tingkat kekeruhan pada masing-masing konsentrasi dibandingkan dengan

kekeruhan kontrol negatif. Konsentrasi yang masih ditumbuhi mikroba akan terlihat lebih keruh dibandingkan konsentrasi yang sudah tidak ditumbuhi mikroba (L.5.5). Pada ekstrak bawang putih dan nanopartikel bawang putih, larutan uji mulai tampak jernih terlihat di konsentrasi 0,625% pada semua mikroba uji. Sedangkan untuk kontrol positif larutan mulai tampak jernih di konsentrasi 0,313% (*E.coli*), 0,078% (*S.aureus* dan *C.albicans*). Pada kontrol negatif menunjukkan adanya pertumbuhan mikroba yang ditandai dengan larutan uji terlihat keruh secara visual dan membuktikan bahwa kontrol negatif tidak berpengaruh terhadap penghambatan pertumbuhan mikroba.

Pratiwi (2008) menyebutkan, KHM dapat ditetapkan berdasarkan larutan uji yang pada konsentrasi terendah terlihat jernih dan tidak terdapat pertumbuhan mikroba. Artinya pada konsentrasi terendah larutan uji mampu menghambat pertumbuhan mikroba, bukan membunuh mikroba. Sehingga dalam hal ini nilai KHM terletak satu tingkat sebelum konsentrasi yang menunjukkan tidak terdapatnya pertumbuhan bakteri. Penghambatan pertumbuhan terjadi apabila mikroba mengalami perubahan atau kerusakan struktur dinding sel yang berpengaruh terhadap metabolisme sel. Besarnya perubahan atau kerusakan struktur dinding sel dipengaruhi oleh jenis senyawa antimikroba, jenis bakteri dan tingginya konsentrasi yang ditambahkan (Gorman, 2000).

Hasil uji KHM selanjutnya diuji konfirmasi untuk mengetahui konsentrasi terendah yang dapat membunuh mikroba uji atau disebut uji KBM. Uji KBM dilakukan dengan mengambil 50 µl mikroba uji pada semua konsentrasi dan ditanam pada media agar dengan teknik *spread plate* (swab). Pertumbuhan koloni

mikroba kemudian dihitung dengan *colony counter*. Perhitungan jumlah koloni atau total plate count pada uji KHM dan KBM disajikan pada Tabel 4.3:

Tabel 4.3 Total plate count uji KHM dan KBM (CFU/ml)

Perlakuan	Mikroba uji	Konsentrasi (%)					
		2,5	1,25	0,625	0,313	0,152	0,078
K+	EC	0	0	0	0	$1,3 \times 10^5$	5×10^6
	SA	0	0	0	$0,5 \times 10^4$	$0,5 \times 10^5$	∞
	CA	0	$1,5 \times 10^2$	1×10^3	$1,5 \times 10^4$	$1,7 \times 10^5$	$1,8 \times 10^7$
Ekstrak bawang putih	EC	0	$3,7 \times 10^2$	$4,3 \times 10^3$	$7,7 \times 10^4$	8×10^5	$1,2 \times 10^7$
	SA	0	$3,3 \times 10^2$	$3,3 \times 10^3$	4×10^4	$5,7 \times 10^5$	$1,6 \times 10^7$
	CA	0	$1,3 \times 10^2$	$1,3 \times 10^3$	$1,3 \times 10^4$	$3,7 \times 10^5$	$5,3 \times 10^6$
Nanopartikel bawang putih	EC	0	5×10^2	8×10^3	2×10^4	$9,3 \times 10^5$	∞
	SA	0	$1,5 \times 10^3$	∞	∞	∞	∞
	CA	0	$2,3 \times 10^2$	∞	∞	∞	∞
K-	EC	$5,8 \times 10^1$	∞	∞	∞	∞	∞
	SA	$1,5 \times 10^1$	∞	∞	∞	∞	∞
	CA	$0,2 \times 10^1$	∞	∞	∞	∞	∞

Keterangan : = KHM (Konsentrasi Hambat Minimum)
 = KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum)
 ∞ = Nilai yang tidak bisa dihitung atau jumlah koloni yang tidak dapat didefinisikan (lebih dari 300 koloni)
 EC = *Escherichia coli*
 SA = *Staphylococcus aureus*
 CA = *Candida albicans*

Tabel 4.3 di atas menunjukkan bahwa nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) ekstrak bawang putih berada di konsentrasi 1,25% dengan total

koloni yaitu: sebanyak $3,7 \times 10^2$ CFU/ml pada *E.coli*, $3,3 \times 10^2$ CFU/ml pada *S.aureus* dan $1,3 \times 10^2$ CFU/ml pada *C.albicans*. Selanjutnya, nilai KHM nanopartikel bawang putih berada di konsentrasi 1,25% dengan total koloni yaitu: 5×10^2 CFU/ml pada *E.coli*, dan $1,5 \times 10^3$ CFU/ml pada *S.aureus* dan $2,3 \times 10^2$ CFU/ml pada *C.albicans*. Adapun nilai konsentrasi bunuh minimum (KBM) pada ekstrak bawang putih dan nanopartikel bawang putih berada di konsentrasi 2,5% pada ketiga mikroba uji ditandai dengan tidak terdapatnya pertumbuhan mikroba (0 koloni).

Kemampuan bawang putih sebagai zat antimikroba jika dibandingkan dengan zat antimikroba komersial seperti gentamycin, chloramphenicol, clindamycin dan ampicillin sudah memberikan hasil yang optimum. Hasil konsentarsi hambat minimum pada penelitian ini berada di konsentrasi 1,25% atau setara dengan 12,5 mg/ml dan konsentrasi bunuh minimum berada di konsentrasi 2,5% atau setara dengan 25 mg/ml. Boboye (2004) menyatakan bahwa antimikroba komersial yang banyak digunakan memiliki batas standart yang direkomendasikan dalam menghambat pertumbuhan mikroba yaitu tidak lebih dari 30 mg/ml. Berdasarkan hal ini maka bawang putih sudah bisa memberikan kemampuan yang lebih baik sebagai antimikroba karena pada konsentrasi dibawah batas standart bawang putih sudah mampu menghambat pertumbuhan mikroba. Hal ini juga membuktikan bahwa zat antimikroba yang baik adalah yang pada konsentrasi yang rendah sudah mampu menghambat mikroba, sesuai dengan pernyataan Pelczar dan Chan (1988) bahwa antimikroba yang baik adalah dalam keadaan konsentrasi yang rendah sudah dapat menghambat mikroorganisme.

Kemampuan zat antimikroba dalam menghambat atau membunuh mikroorganisme tergantung pada kandungan senyawa aktif yang terkandung didalamnya. Benkeblia (2014) menyatakan bahwa bawang putih mengandung komponen minyak atsiri yang memiliki aktivitas antibakteri yang bekerja dengan mekanisme menghambat pembentukan membran sel bakteri. Selain itu kandungan bawang putih yang juga diyakini memiliki aktivitas antibakteri ialah flavonoid, yang bekerja dengan cara mendenaturasi protein yang dimiliki bakteri. Senyawa flavonoid ini juga dikenal baik sebagai antioksidan. Flavonoid merupakan turunan senyawa fenol yang dapat berinteraksi dengan sel bakteri dengan cara adsorpsi yang dalam prosesnya melibatkan ikatan hydrogen, dalam kadar yang rendah fenol membentuk kompleks protein dengan ikatan lemah yang akan segera terurai dan diikuti oleh penetrasi fenol ke dalam sel, dan menyebabkan presipitasi dan denaturasi protein (Gulfraz, 2014). Fenol juga dapat menghambat aktivitas enzim bakteri yang pada akhirnya akan mengganggu metabolisme serta proses kelangsungan hidup bakteri (Basjir, 2012).

Struktur dinding sel juga mempengaruhi kemampuan penetrasi zat aktif terhadap mikroba. Iskandar (2010) menyebutkan, bakteri *Escherichia coli* (gram negatif) memiliki dinding sel yang lebih kompleks dibandingkan bakteri gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif tersusun atas tiga lapisan yaitu lipopolisakarida, protein dan fosfolipid. Bagian membran terluar terdapat *porin* yang bersifat hidrofilik. Jawetz (2005), struktur dinding sel bakteri gram negatif yang lebih kompleks menyebabkan senyawa antibakteri sulit menembus atau

berdifusi ke dalam sel. Kandungan lipid pada bakteri gram negatif sebesar 11-12%.

S.aureus merupakan golongan bakteri gram positif yang memiliki struktur dinding sel yang lebih sederhana. Jawetz (2006) menyebutkan bahwa struktur dinding sel bakteri gram positif lebih sederhana dengan kandungan lipid yang rendah (1-4%), sehingga memudahkan senyawa aktif triterpenoid menembus dinding sel bakteri. Bakteri gram positif tidak memiliki lipopolisakarida yang menyebabkan senyawa antibakteri yang bersifat hidrofilik atau hidrofobik bisa melewati dinding sel bakteri gram positif melalui difusi pasif (Manu, 2013).

Dewi (2010) menambahkan bahwa dinding sel bakteri gram positif memiliki kandungan asam teikoik yang merupakan polimer yang larut dalam air, berfungsi sebagai transportasi ion positif untuk meninggalkan atau memasukkan. Hal ini menunjukkan bahwa dinding sel bakteri gram positif bersifat polar, yang mampu memfasilitasi senyawa triterpenoid dari air dan ekstrak dengan mudah menembus dinding sel. Menurut Widiyati (2016) senyawa dalam triterpenoid berfungsi sebagai antijamur, insektisida, anti predator, antibakteri, dan antivirus. Mekanisme triterpenoid sebagai agen antibakteri bereaksi dengan membran luar dinding sel bakteri, membentuk senyawa pintu masuk dan keluar. Sehingga permeabilitas dinding sel bakteri berkurang dan menyebabkan defisiensi nutrisi, sel bakteri, pertumbuhan bakteri terhambat atau mati.

Candida albicans merupakan organisme eukariotik dengan struktur fisik yang terdiri atas dinding sel, membran sel, sitoplasma, dan nukleus. Membran selnya terdiri atas fosfolipid ganda (lipid bilayer), lapisan terluar banyak

mengandung *phosphatidyl*, kolin, ergosterol dan *sphingolipids*. Ergosterol dapat menahan lisis akibat peningkatan tekanan osmotik. *Sphingolipids* mengandung komponen negatif paling besar pada membran plasma dan merupakan target utama antijamur. Kandungan senyawa kimia pada bawang putih yang memiliki aktivitas antijamur adalah *allicin* (Barnes, 2007), tanin, alkaloid, minyak atsiri dan saponin (Haryati, 2014), triterpenoid (Lutfiyanti, 2012). Kemampuan senyawa *allicin* sebagai antijamur yaitu dengan bergabung bersama protein dengan mengubah strukturnya agar mudah untuk dicerna. Kemampuan bergabung dengan protein itulah yang mendukung daya antibiotiknya, karena *allicin* menyerang protein mikroba dan akhirnya membunuh mikroba tersebut (Kulsum, 2014).

Mekanisme zat antimikroba dalam menghambat atau membunuh bakteri adalah dengan cara merusak dinding sel, merubah protein dan asam nukleat, merubah permeabilitas sel, menghambat kerja enzim, menghambat sintesa DNA, RNA dan protein (Pelczar, 1988). Sedangkan mekanisme menghambat atau membunuh fungi adalah menghambat respirasi sel jamur dengan memanfaatkan kandungan senyawa alkaloid dan triterpenoid (Aniszewki, 2007), menghambat sintesa asam nukleat, protein dan membran fosfolipid (Adegoke dan Adebo-tayo, 2009), menekan pertumbuhan jamur karena jamur tumbuh pada pH 3,8-5,6 (Rahayu, 2009), menghambat pertumbuhan jamur baik melalui membrane sitoplasma maupun mengganggu pertumbuhan dan perkembangan spora jamur (Lutfiyanti, 2012).

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bawang putih memiliki potensi sebagai antimikroba, dibuktikan dengan bawang putih dapat

menghambat dan membunuh mikroorganisme dalam konsentrasi tertentu. Potensi bawang putih sebagai antimikroba dinilai lebih efektif karena zat antimikroba dalam bawang putih hanya menghambat atau membunuh mikroba patogen tanpa mengganggu flora normal dalam *host* yang diinfeksi. Bawang putih bekerja sesuai dengan mekanisme dan takarannya dalam membunuh mikroba patogen. Sebagaimana Allah berfirman dalam QS. Al-Hijr ayat 19:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَوْزُونٍ

Artinya: “Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran” (QS. Al-Hijr: 19).

Ayat di atas menyebutkan bahwa segala sesuatu telah ditetapkan berdasarkan ukuran (kadarnya). Abdullah (2007) menyatakan bahwa Ibu Abbas mengartikan *min kulli syai'in* sebagai segala sesuatu dengan ukuran, *mauzun* artinya maklum (diketahui, tertentu). Demikian juga dikatakan oleh Sa'id bin Jubair, Ikrimah, Abu Malik, Mujahis, Abu Hakam bin 'Uyainah, Al-Hasan bin Muhammad, Abu Shalih dan Qatadah. Sebagian ulama mengatakan *mauzun* artinya ditentukan kadarnya.

Ukuran atau kadar berpengaruh terhadap hasil akhir suatu pengujian. Dalam suatu penelitian, ukuran atau kadar disebut juga sebagai konsentrasi. Konsentrasi yang tepat akan memberikan hasil yang optimum, sebaliknya konsentrasi yang terlalu rendah atau terlalu tinggi justru memberikan efek yang kurang bagus bagi objek yang diteliti. Sejalan dengan ini, terdapat ayat yang

menjelaskan anjuran untuk tidak berlebih-lebihan dalam dalam suatu hal yaitu QS.

Al-A'raf ayat 31:

يَا بَنِي آدَمَ خُذُوا زِينَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ
الْمُسْرِفِينَ

Artinya: “Hai anak Adam, pakailah pakaianmu yang indah di setiap (memasuki) masjid, makan dan minumlah, dan janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan” (QS. Al-A'raf: 31).

Al-Jazairi (2007) menjelaskan bahwa “*Wala Tusrifuu*” pada ayat tersebut mengandung arti jangan berlebih-lebihan dalam makan dan minum. *Israaf* artinya melampaui batas dari yang semestinya dalam segala sesuatu. Hal ini menunjukkan bahwa segala sesuatu ada takarannya, sehingga manusia harus sadar betul akan kebutuhan segala hal. Sama halnya dengan mengkonsumsi obat, semua harus seimbang dan sesuai dengan takaran yang diperlukan tubuh.

Dalam suatu pengobatan selain konsentrasi yang digunakan harus sesuai, dianjurkan juga untuk menggunakan bahan obat yang hukum asalnya tidak melanggar syari'at. Salah satunya adalah bahan obat yang digunakan berasal dari sesuatu yang halal untuk dikonsumsi. Rasulullah bersabda:

إِنَّ اللَّهَ لَمْ يَنْزِلْ دَاءً إِلَّا وَأَنْزَلَ لَهُ دَوَاءً، جَهْلُهُ مِنْ جَهْلِهِ وَعِلْمُهُ مِنْ عِلْمِهِ

Artinya: “Sesungguhnya Allah tidak menurunkan suatu penyakit, melainkan telah menurunkan pula obatnya. Obat setiap penyakit itu diketahui oleh orang yang mengetahuinya dan tidak diketahui oleh orang yang tidak mengetahuinya” (HR. Ahmad 1/377, 413 dan 453. Dan hadits ini dishahihkan dalam Ash-Shahihah no. 451).

Hadist tersebut menyatakan bahwa Allah SWT menurunkan suatu penyakit beserta penawarnya. Manusia sebagai makhluk Allah yang diberi kelebihan berupa akal dan pikiran seharusnya mampu menelaah dan mencari potensi bahan alam yang berguna untuk pengobatan serta jelas asal usul hukumnya. Dalam hadist tersebut juga menganjurkan, apabila kita ditimpa sakit maka berobatlah dan jangan menggunakan sesuatu yang haram untuk pengobatan. Salah satu hasil alam dan bahan pengobatan yang halal untuk digunakan adalah bawang putih.

Bawang putih mampu dijadikan sebagai bahan pengobatan dan memberikan efek antimikroba pada konsentrasi tertentu. Torabinejad dan Walton (2009) menyebutkan bahwa antibakteri merupakan sifat dari suatu bahan yang menunjukkan efek penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri. Penghambatan pertumbuhan bakteri dapat dibedakan menjadi dua sifat yaitu, bakterisidal dan bakteristatik. Senyawa yang tergolong bakterisidal yaitu jika mampu membunuh bakteri, sedangkan senyawa yang tergolong bakteristatik yaitu hanya mampu menghambat pertumbuhan bakteri.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Kemampuan daya hambat nanopartikel bawang putih pada *E.coli* sebesar $7,14 \pm 0,52$ mm, pada *S.aureus* sebesar $5,02 \pm 0,88$ mm dan pada *C.albicans* sebesar $7,68 \pm 0,27$ mm. Kategori zona hambat pada penelitian ini tergolong kategori sedang.
2. Nilai KHM nanopartikel bawang putih berada konsentrasi 1,25% dengan total koloni yaitu: 5×10^2 CFU/ml pada *E.coli*, dan $1,5 \times 10^3$ CFU/ml pada *S.aureus* dan $2,3 \times 10^2$ CFU/ml pada *C.albicans*. Nilai KBM nanopartikel bawang putih berada di konsentrasi 2,5% pada semua mikroba uji.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kadar senyawa yang terkandung dalam ekstrak dan nanopartikel bawang putih.
2. Perlu dilakukan uji fisikokimia terhadap serbuk nanopartikel bawang putih yang digunakan.
3. Perlu pembelajaran tentang teknik penanganan dan penyimpanan nanopartikel yang baik dan benar.

4. Perlu mencari dan menentukan formulasi yang tepat dalam pembuatan nanopartikel untuk menjaga kualitas nanopartikel selama masa penyimpanan.
5. Perlu dilakukan penelitian uji difusi cakram dengan menggunakan variasi konsentrasi.
6. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh ekstrak dan nanopartikel bawang putih terhadap bakteri flora normal selain *E.coli*, *S.aureus* dan *C.albicans*.



DAFTAR PUSTAKA

- A'iana, Lu'lu', Rafika Sari dan Pratiwi Apridamayanti. 2017. Penentuan Nilai FICI Kombinasi Ekstrak Etanol Kulit Daun Lidah Buaya (*Aloe vera* (L) Burm.f) dan Gentamisin Sulfat Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Pharm Sci Res*. Vol. 4 No. 3.
- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, Khairurrijal. 2008. Review: Sintesis Nanomaterial *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*.1(2): 33-57.
- Admadja, Djaja Surya. 2002. *Bawang Putih untuk Kesehatan*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Agnihotri, S.A., Nadagounda, N., Mallikarjuna., Tejraj, M., Aminabhavi. 2004. Recent Advances on Chitosan Based Micro and Nanoparticles in Drug Delivery. *J. Control. Release*. 100: 5-28.
- Agustini. 2013. *Keputihan: Si Putih Yang Mengganggu*. www.mediakaholistik.com/ Diakses pada tanggal 3 Maret 2019 pukul 20.43 WIB.
- Al-Jauziyah, I.Q. 2007. *Metode Pengobatan Nabi SAW*, Penerjemah: Abu Umar Basyier Al-Maidani. Jakarta : Griya Ilmu.
- Al-Jauziyah, Ibnu Qayyim. 1999. *Buah Ilmu*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Al-Jazairi, S.A.B.J. 2007. *Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar*. Bandung : ITB.
- Aniszewki, T. 2007. *Alkaloid Secret Of Life*. Amsterdam. Elsevier.
- Arinta, Agi dan Kusnadi, Joni. 2015. *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kasar Daun Gambir (Uncaria gambir) Metode Microwave-assisted Extraction Terhadap Bakteri Patogen*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Athailah, A. 2006. *Rasyid Ridha: Konsep Teologi Rasional dalam Tafsir al-Manar*. Jakarta: Erlangga.
- Baits, Ammi Nur. 2018. di akses pada tanggal 11 Mei 2019 pukul 14.36 <https://konsultasisyariah.com/31243-makan-bawang-itu-haram.html>
- Balaban, N., & Rasooly, A. 2000. Review Staphylococcal enterotoxins. *J.Food Microbiol*, 61, 1–10.
- Banerjee, S. K. and S. K. Maulik. 2002. Effect Of Garlic On Cardiovasculer Disorders: A Review. *Nutrition Journal*. 1 (4): 1–14.

- Barnes, J., Anderson, L.A and Phillipson, J.D. 2007. Herbal Medicines. 3th ed. London: Pharmaceutical press.
- Basjir, Erlinda T, Nikham. 2012. Uji Bahan Baku Antibakteri Dari Buah Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa (Scheff) Boerl.*) Hasil Radiasi Gamma dan Antibiotik Terhadap Bakteri Patogen. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*;hlm. 168-174. ISSN 1411-2213.
- Bayan L, Koulivand P, Gorji. 2013. Garlic: A Review Of Potential Therapeutic Effects. *Avicenna J Phytomed.* Vol. 1. No.7.
- Benkeblia N. 2014. Antimicrobial Activityof Essential Oil Extracts Of Various Onions (*Allium Cepa*) And Garlic (*Allium sativum*). *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37: [263–268].
- Bettelheim KA. 2000. The Role of Non-O157 VTEC. *J of Applied Microbiology Symposium Supp.* 88: 38S-50S.
- Bhanderi, B.B., M.M, Yadav and A. Roy. 2009. Antifungal Drug Resistance Concerns for Veterinarians. *Veterinary World.*
- Boboye, B., dan I. Dayo-Owoyemi. 2004. Antibacterial Effect and Minimum Inhibitory Concentration Of Garlic (*Allium sativum*) Extracts On Some Human Pathogens. *Boisciences, Biotech. Research Asia.* Vol.1. No. 37-40.
- Brooks, GF, Butel JS, Carrol KC, Morse SA. Jawetz, Melnick, & Adelberg's. 2007. *Medical Microbiology.* 24th Ed. USA : Mc Graw Hill.
- Champoux, J. J., Neidhardt, F. C., Drew, W. L., & Plorde, J. J. 2004. Enterobacteriaceae in Pathogenic Bacteria. In K. J. Ryan, & C. G. Ray (Eds), *Sherris medical microbiology fourth edition: an introduction to infectious diseases*, (pp. 343-357). New York, USA: McDraw-Hill.
- Chompond P. 2014. Clindamicyn
- Colombo Al, Nucci M, Park BJ, *et al.* 2004. Epideminology Of Candidemia In Brazil : a Nationwide Sentinel Surveillance Of Candidemia in Eleven Medical Centers. *Journal Clin Microbiology.*
- Darsana, I.G.O., Besung, I.N.K. & Hapsari, M. (2012). Potensi daun binahong (*Anredera cordifolia* (Tenore) steenis) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* secara in vitro. *Jurnal Indonesia Medicus Veterinus*, 1:337-351.
- Deresse D. Antibacterial Effect of Garlic (*Allium sativum*) on *Staphylococcus aureus*: An in vitro study. *Asian J Med Sci.* 2: (62-65).

- Dewi, F.K. 2010. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*, Linnaeus) Terhadap Bakteri Pembusuk Daging Segar. Skripsi Tidak Diterbitkan. Surakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- Ditjen POM. 2000. *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat*. Cetakan Pertama. Jakarta: Departemen Kesehatan RI. Halaman 3-5, 10-11.
- Dusica P, Vesna D, Ljubisa B, Mihajlo Z. 2011. Allicin And Related Compounds: Biosynthesis And Pharmacological Activity. *Phys Chem Tech*. Vol.9. No.1 : 1-9.
- Dustgani, A., Farahani, E.V., and Imani, M. 2008. Preparation of Chitosan Nanopartikel Loaded by Dexamethasone Sodium Phosphate. *Iranian J. of Pharmaceutical Science*.4(2): 111–114.
- Dwijayanti, K. R. 2011. Daya Antibakteri Minyak Atsiri Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum burmanni* Bl.) Terhadap *Streptococcus mutans* Penyebab Karies Gigi. *SKRIPSI*. Fakultas Farmasi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Fajaroh, Fauziatul, dkk. Sintesis Nanopartikel Magnetite dengan Metode Elektrokimia Sederhana. *Nanosains & Nanoteknologi*. ISSN 1979-0880: h. 22-25.
- Fischer DCH. 2010. Handbook of Herbs an Spices. *Brazilian J Pharm Sci*. 46: 821-2.
- Fritsch, R.M. dan Friesen, N. 2002. *Evolution, Domestication and Taxonomy*. Dalam : *Allium Crop Science : Recent Advances*. CAB International.
- Gebreyohannes, G., Gerbreyohannes M. 2013. Medical Values Of Garlic: A Review. *International Journal of Medicine and Medical Sciences*. Vol. 5(9). 400-402.
- Ginting, E. 2013. Carotenoid Extraction Of Orange-Fleshed Sweet Potato And Its Application As Natural Food Colorant. *J. Teknol. dan Industri Pangan*, 24.
- Gordon, R.J. and Lowy, F.D. 2008. Pathogenesis of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Infection. *Clinical Infectious Diseases*. 46, S350-S359.
- Gorman, SP., 1991. Microbial adherence and bio_Improduction, Di dalam Denyer SP, dan Hugo WB, *Mechanism of Action of Chemical Biocides Their Study and Exploitation*. Blackwell Scientific Publications. London.

- Gulfraz M, Imran M, Khadam S. 2014. A Comparative Study Of Antimicrobial And Antioxidant Activities Of Garlic (*Allium sativum L.*) Extracts In Various Localities In Pakistan. *Afr J Plant Sci.* 8: [298- 306].
- Guzman, M.G, Jean, D dan Stephan G. 2009. Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity. *Internatiaonal Journal of Chemical and Biomolecular Engineering.* Vol. 2 (3).
- Hadioetomo, R.S. 1993. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek.* Jakarta : Gramedia.
- Hapsari, B. W., 2009. Sintesis Nanosfer Berbasis *Ferofluid* dan *Poly Lactic Acid* (PLA) dengan Metode Sonikasi. *Skripsi.* FMIPA IPB. Bogor.
- Harborne JB. 1996. *Metode Fitokimia.* Ed. Ke-2. Terjemahan Kosasih Padmawinata. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Haryati, Suci Amiruddin. 2014. Daya Hambat Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum*) terhadap Pertumbuhan *Streptococcus mutans* secara in vitro. *Skripsi Tidak Diterbitkan.* Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Haryono, Agus., Dewi Sondari., Sri Budi Harmami dan Muhammad Randy. 2008. Sistesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri.* Vol. 2. No. 3.
- Hasyim, N., Pare, K.L., Junaid, I., dan Kurniati, A. 2012. Formulasi dan Uji Efektivitas Gel Luka Bakar Ekstrak Daun Cocor Bebek pada Kelinci. *Majalah Farmasi dan Farmakologi.*
- Hendrawati,Dian. 2008. Candida albicans. mikrobia.files.wordpress.com/2008/05. di akses tanggal 31 Maret 2019.
- Hernawan, Udhi Eko dan Ahmad Dwi Setyawan. 2003. Review : Senyawa Organosulfur Bawang Putih (*Allium sativum L.*) dan Aktivitas Biologinya. *Biofarmasi.* 1. (2) : 65-76.
- Imam Bawani. 2002. *Cendekiawan Muslim Dalam Perspektif Islam.* Surabaya: PT. Bina Ilmu
- Iskandar Y, Rusmiati D, Rusma RD. 2010. Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Rumpun Laut Terhadap Bakteri *Escherichia coli* Dan *Bacillus cereus* (Skripsi). Bandung: Fakultas MIPA Universitas Padjajaran.
- Israr, Y. A. 2009. *Infeksi saluran kemih.* Riau: Universitas Riau.
- Jawets, Melinick, dan Adelberg. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran (Medical Microbiologi).* Jakarta : Salemba Medika.

- Jawetz, Melnick, & Adelberg's. 2008. *Mikrobiologi Kedokteran (23rd ed.)*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Kaliwafi, Esam J. 2015. Biosynthesis Of Silver Nanoparticles By Using Onion (*Allium Cepa*) Extract And Study Antibacterial Activity. *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation*. Vol. 3. No. 1 : 1-9.
- Kayser, FH, Bienz KA, Eckert J, Zinkernage RM. *Medical Mikrobiology* 10th Edition. Stuttgart : Thieme.
- Khairani, A. 2014. *Bawang Putih Raja Tanaman Kedokteran*. Surabaya: Alfasyam Publishing.
- Khunaifi, M, 2010. Uji Aktivitas Antimikroba Daun Binahong (*Anredera cordifolia (Ten) Stenis*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Skripsi Sarjana pada Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Kulsum, Haefa S. 2014. Aktivitas Antifungi Ekstrak Bawang Putih dan Black Garlic Varietas Lumbu Hijau Dengan Metode Ekstraksi Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans*. *Skripsi Tidak diterbitkan*. Surakarta:Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Kuguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Lekshmi, N.C.J, Packia, S. Benarcin Sumi, S. Viveka. 2012. Antibacterial Activity Of Nanoparticle From *Allium* sp.. *J. Microbiol. Biotech. Res*. Vol. 2. No. 1 : 115-199.
- Lingga, ME dan Rustama, MM. 2005. Uji Aktivitas Antibakteri dari Ekstrak Air dan Etanol Bawang Putih (*Allium sativum* L.) terhadap Bakteri Gram Negatif dan Gram Positif yang Diisolasi dari Udang Dogol (*Metapenaeus monoceros*), Udang Lobster (*Panulirus sp*) dan Udang Rebon (*Mysis dan Acetes*). *Jurnal Biotika*. 5 (2).
- Little, C.L. and Gillespie, I.A. 2008. Prepared salads and public health. *Journal of Applied Microbiology*. 105, 1729-1743.
- Liu H, Gao C. 2009. Preparation and properties of ionically cross-linked chitosan nanoparticles. *Polymers for Advance Technologies*. 20 (7); pp. 613–619.
- Liu, Yong., Linqi Shi., Linzhu Su., Henny C. van der Mei., Paul C. Jutte., Yijin Ren., dan Henk J. Busscher. 2019. Nanotechnology Based Antimicrobials and Delivery System for Biolifm Infection Control. *Chem Soc Rev*. Vol. 48. No. 428.

- Lutfiyanti, R. Ma'ruf. 2012. Aktivitas Antijamur Senyawa Bioaktif Ekstrak *Gellidium latifolium* Terhadap *Candida albicans*. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*.
- Mahmud, M.H. 2007. *Mukjizat Kedokteran Nabi*. Jakarta : Qultummedia.
- Mahmud. 2013. Daya Hambat Dekok Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Penyebab Penyakit Mastitis Pada Sapi Perah.
- Mahon CR, Lehman DC and Manuselis G. 2011. *Enterobacteriaceae*. Dalam: *Textbook of Diagnostic Microbiology*. Missouri: Saunders. p.427-61.
- Mandal V, Yogesh MH. 2007. Microwave assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research. *Pharmacognosy Rev.* 1: 7-18.
- Manu, K. R. 2013. *Sterilisasi, Teknik Aseptik Laboratorium, Media Pertumbuhan Bakteri Dan Isolasi Bakteri*. Laporan Praktikum Bakteriologi Dan Mikrobiologi. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Nusa Cendana: Kupang.
- Melliawati, Ruth. 2009. *Eschericia coli* Dalam Kehidupan Manusia. *BioTrends*. Vol. 4. No.1.
- Mohanraj, V.J. and Y. Chen. 2006. Nanoparticles : A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 5:1.
- Moretti, E., C. Figura, N. Pammoli, A. Federico, V. Giannerini, and G. Collodel. 2009. The presence of bacteria species in semen and sperm quality. *J. Assist. Reprod. Genet.* 26(1):47-56.
- Muchtaromah, Bayyinatul. 2016. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Air *Allium sativum* Linn., *Curcuma mangga* Val., dan *Acorus calamus* L. Terhadap *Staphylococcus aureus* DAN *Escherichia coli*. Malang. Uin Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Muchtaromah, Bayyinatul., Mujahidin Achmad and Didik Wahyudi. 2018. Characterization Of Nanoparticles From *Allium sativum*, *Curcuma mangga* and *Acorus calamus* Coated Chitosan As A Basic Of Nanotechnology Development On Jamu Subur Kandungan Madura. *Journal Draft Collaborative Research*. No. Reg. 171090000003633.
- Muchtaromah, Bayyinatul., Mujahidin Ahmad, Didik Wahyudi (2019). Pengembangan Jamu “Subur Kandungan Madura” Berbasis Nanopartikel

(Suatu Upaya Saintifikasi Jamu Tradisional Indonesia). Malang : Uin Malang.

Mudihardi, Eddy. 2001. *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta : Salemba Medika.

Mukhriani. 2014. Ekstraksi, Pemisahan Senyawa Dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan*. Vol. 7. No. 2.

Mulyadi, Moh., Wuryanti., dan Purbowatiningrum Ria S. 2013. Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Kadar Sampel Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) Dalam Etanol Melalui Metode Difusi Cakram. *Chem Info*. Vol.1. No.1. Hal:35-42.

Mulyani, Hesti, Sri Harti Widyastuti, dan Venny Indria Ekowati. 2016. Tumbuhan Herbal Sebagai Jamu Pengobatan Tradisional Terhadap Penyakit Dalam Serat *Primbon Jampi Jawi Jilid I*. *Jurnal Penelitian Humaniora*. Vol. 21, No. 2.

Mustika, Nova. 2018. Pembuatan Nanopartikel dari Ekstrak Etanol Daun Pugun Tanah (*Picria felterrae* Lour.) dan Uji Aktivitas Antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Skripsi. Medan: Program Studi Sarjana Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara.

Mutiawati, Vivi Keumala. 2016. Pemeriksaan Mikrobiologi Pada *Candida albicans*. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*. Vol. 16. No. 1.

Muttaqin, Yazid. 2015. NU Online: Soeara Nahdlatol Oelama. Jakarta. <http://www.nu.or.id/post/read/85544/berobat-dalam-pandangan-islam>. di akses tanggal 5 Juli 2019 pukul 15.20 WIB.

Napsah, R., dan Wahyuningsih, I. 2013. Preparasi Nanopartikel Kitosan-TPP/ Ekstrak Etanol Daging Buah Mahkota Dewa (*Phaleriamacrocarpa* (Scheff) Boerl) dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*. 11(1): 7-12.

Natasya, Balqis. 2018. Pembuatan Nanopartikel Dari Ekstrak Etanol Daun Srikaya (*Annona aquamosa* L.) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Skripsi. Medan: Program Studi Sarjana Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara.

NCBI. 2010. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy> (diakses pada tanggal 30 Maret 2019, pukul 15:40 WIB).

Newell, D. G., Koopmans, M., Verhoef, L., Duizer, E., Aidara-Kane, A., Sprong, H., Opsteegh, M., Langelaar, M., Threlfall, J., Scheutz, F., Giessen, J. V. D., Kruse, H. 2010. Food-borne diseases - The challenges of 20 years ago

- still persist while new ones continue to emerge. *J. Food Microbiology*. 139: S3–S15.
- Ningsih, Nurmalia, Sedarnawati Yasni, dan Sri Yuliani. 2017. Sintesis Nanopartikel Ekstrak Kulit Manggis Merah dan Kajian Sifat Fungsional Produk Enkapsulasinya. *J. Teknol. Dan Industri Pangan*. Vol. 28 (1).
- Nurullaili, Yuli Efendi, Hertiani, Triana. 2013. Potensi Antimikroba Ekstrak Etanol Sarang Semut (*Myrmecodia tuberosa* Jack.) Terhadap *Candida albicans*, *Eschericia coli*, dan *Staphylococcus aureus*. *Traditional Medicine Journal*.
- Pajan, S.A., Waworuntu, O., Leman, M.A., 2016. *Potensi Antibakteri Air Perasan Bawang Putih (Allium Sativum L) Terhadap Pertumbuhan Staphylococcus aureus*. Vol. 5. No. 13.
- Pakki, Ermina, Sumarheni, Aisyah F, Ismail, Syarfina Safirahidzni. 2016. Formulasi Nanopartikel Ekstrak Bawang Dayak (*Eleutherin Americana* (Aubl) Merr) dengan Variasi konsentrasi Kitosan - Tripolifosfat (TPP). *J. Trop. Pharm. Chem*. 3. (4): 15-19.
- Paster H, ZhouL, Menashrov M, Shapira. 2002. Posible Synergistic Effect Of Nisin And Propionic Acid On The Growth Of The Mycotoxigenic Fungi *Aspergillus paraciticus*, *Aspergillus ochraceus* And *Fussarium moniliforme*. *Journal Of Food Protect*. 62:1223-1227.
- Pelczar, M.J dan Chan, E. C. S. 1998. *Dasar-dasar Mikrobiologi (Jilid 2)*. Jakarta: UI Press.
- Poole CP & Owens FJ. 2003. *Introduction to Nanotechnology*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Pratiwi, ST. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Putra, A. A. B., Bogoriani, N. W., Diantariani, N. P., Sumadewi, N. L. U. 2014. Ekstraksi Zat Warna Alam Dari Bonggol Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca* L.) Dengan Metode Maserasi, Refluks, Dan Sokletasi. *Jurnal Kimia*. 8, 113 – 119.
- Rahayu, Puji. 2013. Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Makassar : Jurusan Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.
- Rahayu, T. 2009. Uji Antijamur Kombucha Coffee terhadap *Candida albicans* dan *Tricophyton mentagrophytes*. *Jurnal Penelitian Sanis dan Teknologi*.

- Rahmi, Yulina., Darmawi., Mahdi Akbar., Faisal Jamin., Fakhrurrazi., dan Yudha Fahrimal. 2015. Identifikasi Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Preputium dan Vagina Kuda (*Equus caballus*). *Jurnal Medika Veterinaria*. Vol. 9. No. 2.
- Ramadanti, I. A. 2008. Uji aktivitas Antibakteri Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum* L.) terhadap Bakteri *Escherichia coli* [Skripsi]. Semarang : Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Rawat, M.D., Singh, and S. Saraf. 2006. Nanocarriers: Promising Vehicle for Bioactive Drugs. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 29.
- Rismana, E., Kusumaningrum, S., Bunga, O., Nizar., Marhamah. (2014). Pengujian Aktivitas Antiacne Nanopartikel Kitosan-Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana*). *Media Litbangkes*. 24(1): 19-27.
- Riyanto. 2012. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Romero, Gabriela., and Sergio E. Moya. 2012. Synthesis of Organic Nanoparticles. *Fronties of Nanoscience*. Vol.4.
- Ronald, A. 2003. *The Etiology of Urinary Tract Infection: Traditional and Emerging Pathogens*. Dis. Mon.; 49:71-82.
- Sahu, D., Acharya, B.S., Bag, B.P., Singh, Th Basanta., Gartia, R.K. 2010. Probing The Surface States in Nano ZnO Powder Synthesized by Sonication Method: Photo and Thermo-luminescence Studies. *Journal of Luminescence*. 130:1371-1378.
- Salima, Jeanna. 2015. Antibacterial Activity of Garlic (*Allium sativum* L.). *J. Majority*. Vol. 4. No. 2.
- Samarayanake, L.P. 2002. *Essential Microbiology for Dentistry*, Second Edition, Edinburgh Et Al.: Churchill Livingstone.
- Samirah, Windawarti., Darmawati., dan Harjoeno. 2006. Pola Sensitivitas Kuman di Penderita Infeksi Saluran Kemih. *J. Anim. Vet. Adv.* 12(3):110-130.
- Santoso, H.B. 2000. *Bawang Putih*. Edisi ke-12. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Sasongkowati. 2013. *Identifikasi Candida sp. Menggunakan Primer Campuran Spesifik Dengan Teknik PCR Multiple Terhadap Target DNA Topoisomerase II*. Tesis Tidak Diterbitkan. Surabaya : Universitas Airlangga.

- Savitri, Evika S. 2008. *Rahasia Tumbuhan Berkhasiat Obat Persfektif Islam*. Malang: UIN Maliki Press.
- Shihab, M.Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah : pesan dan keserasian Al-Qur'an volume 11 dan 15*. Jakarta : Lentera Hati.
- Sholihah, Mar'atus. 2017. Aplikasi Gelombang Ultrasonik untuk Meningkatkan Rendemen Ekstraksi dan Efektivitas Antioksidan Kulit Manggis. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. Vol. 5. No.2.
- Shu XZ, Zhu KJ. 2002. Controlled Drug Release properties of ionically Cross-linked chitosan beads : The influence of anion structure. *International Journal of Pharmaceutics*. 233 (1-2); pp. 217-255.
- Sivam, Gowsala P. 2001. Protection against *Helicobacter pylori* and Other Bacterial Infections by Garlic. American Society for Nutritional Sciences. 0022- 3166/01.
- SNI, 2009. *Batas Maksimum Cemaran Mikroba Dalam Pangan*. SNI 7388.
- Srivastava G. 2008. *Essentials of Oral Medicine*. First Edition. New Delhi India: Jaypee Brothers Medical Publisher (P) Ltd., 99-102.
- Stenutz R, Weintraub A, Widmalm G. 2006. The Structure of *Escherichia coli* O-Polysaccharide Antigens. *FEMS microbiology*. 30 (3): 382-403.
- Sulistiyorini, Arsinta. 2015. Potensi Antioksidan Dan Antijamur Ekstrak Umbi Bawang Putih (*Allium sativum* Linn.) Dalam Beberapa Pelarut Organik [Skripsi]. Malang : UIN Malang.
- Sukma, D. 2016. *Sehat Tanpa Obat dengan Bawang Merah dan Bawang Putih*. Yogyakarta: Rapha Publishing.
- Sumardani, N. L. G. 2014. Studi Khasiat Ekstrak Daun Bawang Putih (*Allium sativum*) Dan Daun Katuk (*Sauropus androgynus*) Terhadap Penurunan Kadar Kolesterol Dan Lemak Abdomen Itik. *Majalah Ilmiah Peternakan*. Vol. 17. No. 1.
- Suranintyas, S., Siswomihardjo, W dan Maryati, N. 2008. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Air dan Etanol Kulit Batang *Azadirachta indica* terhadap Penghambatan *Streptococcus mutans*. *M.I Kedokteran Gigi Universitas Gajah Mada*. Vol.23 (4).
- Swetha, V. V., Rao, U. S., Prakash, P. M., & Subbarayudu, S. 2014. Aerobic bacteriological profile of urinary tract infections in a tertiary care hospital. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(3), 120-125.

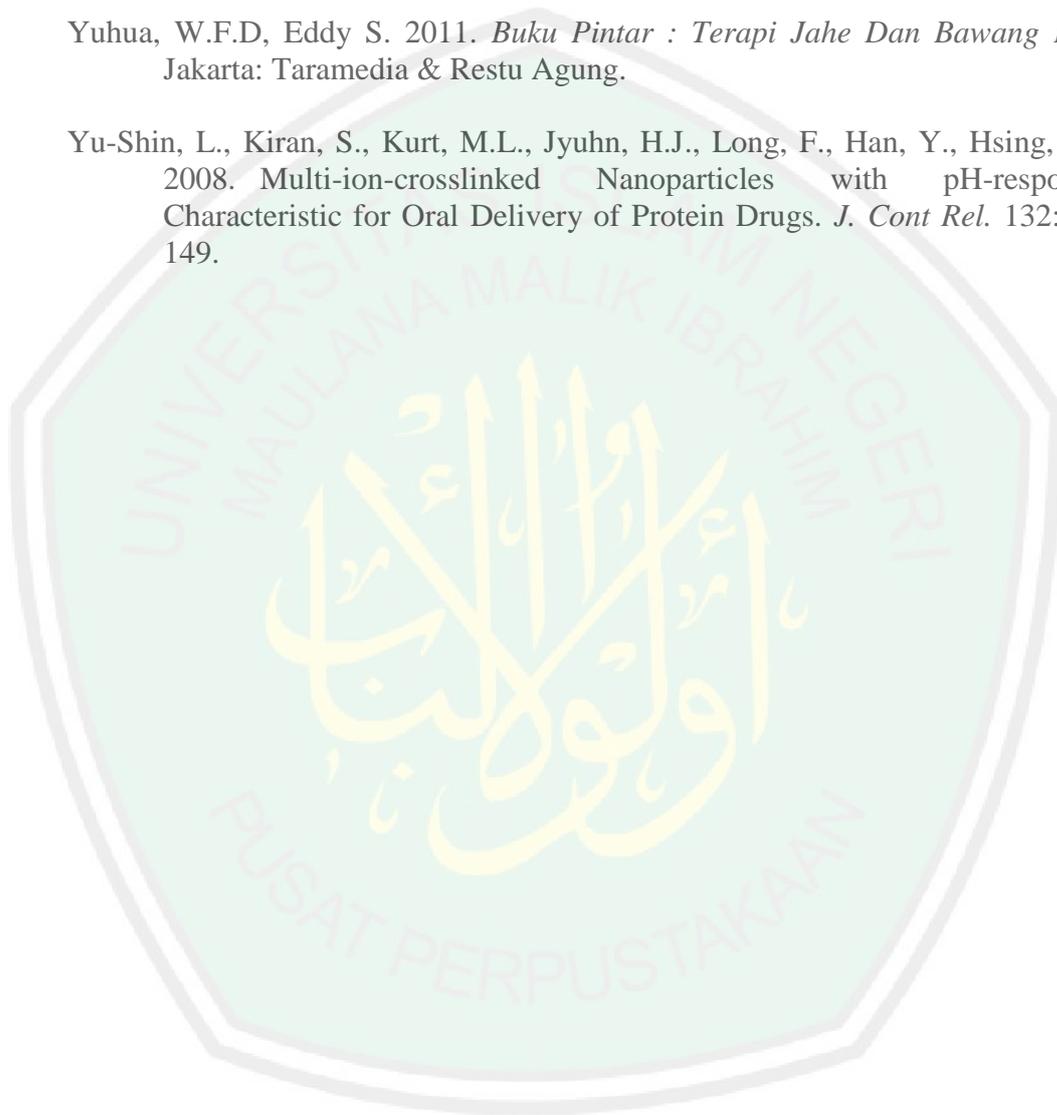
- Tafsir Al-Mukhtashar. <https://tafsirweb.com/6258-surat-al-furqan-ayat-2.html>. diakses tanggal 27 Juli 2019 pukul 13.46
- Tafsir Ibnu Katsir. 2015. <http://www.ibnukatsironline.com/2015/10/tafsir-surat-shad-ayat-27-29.html>. Diakses pada tanggal 5 Juli 2019 Pukul 14.27
- Tafsir Ibnu Katsir. 2015. <http://www.ibnukatsironline.com/2015/05/tafsir-surat-al-anam-ayat-141.html>. di akses pada tanggal 11 Mei 2019 pukul 14.02
- Thomas, A.N.S. 2000. *Tanaman Obat Tradisional I*. Edisi ke-13. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Tiyaboonchai, W. 2003. Chitosan nanoparticles: Apromising system for drug delivery. *Naresuan University Journal* 11 (3): 51–66.
- Torabinejad M, Walton RE. 2009. *Principles and Practice of Endodontic*. Ed ke-4. Philadelphia (US): Saunders company. 58-63.
- Trishadi, R. 2016. *Pestisida Nabati Ramah Lingkungan Untuk Mengendalikan Hama Dan Penyakit Tanaman*. Probolinggo: Dinas perkebunan dan Perhutanan.
- Untari, Ida. 2010. Bawang Putih Sebagai Obat Paling Mujarab Bagi Kesehatan. *Gaster*. Vol. 7. No.1.
- UPT-Balai Informasi Teknologi LIPI Pangan & Kesehatan. 2009. *BAB VII Pengobatan Alternatif Dengan Tanaman Obat*. Bandung.
- Utami, U. 2005. *Laporan Penelitian Isolasi Bakteri Endofit Penghasil Antimikroba Dari Tanaman Rhizopora mucronata (Makna Tersirat Q.S Ali-Imran: 190-191)*. Malang : Uin Malang.
- Vandepitte J, Verhaegen J, Engbaek K. 2003. *2nd ed World Health Organization*. Geneva.
- Wahyudi, A., Amalia, D., Sariman dan Rochani, S. 2010. Sintesis Nanopartikel Zeolit Secara Top Down Menggunakan Planetary Ball Mill dan Ultrasonikator. *M & E*. Vol. 8. No. 1: hal 32 – 36.
- Wahyudi, T., Doni, S dan Qomarudin H. 2011. Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya Terhadap Bakteri *E.coli* dan *S. aureus*. *Arena Tekstil*. Vol.26 (1): 55-56.
- Warsinah, Eka K, Sunarto. 2011. Adentifikasi Senyawa Antifungi dari Kulit Batang Kecapi (*Sandoricum koetjape*) dan Aktivitasnya Terhadap *Candida albicans*. *Majalah Obat Tradisional*. Vol. 16, No.3.

Watanabe, T. 2001. *Garlic Therapy*. Dialih bahasakan oleh Sumintadiredja: *Penyembuhan dengan Terapi Bawang Putih*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama. .

Wijayanto, Andik dan Romi Abrori. 2015. Aktivitas Antibakteri jamu Madura Subur Kandungan. *El-Hayah*. Vol. 5. No. 2.

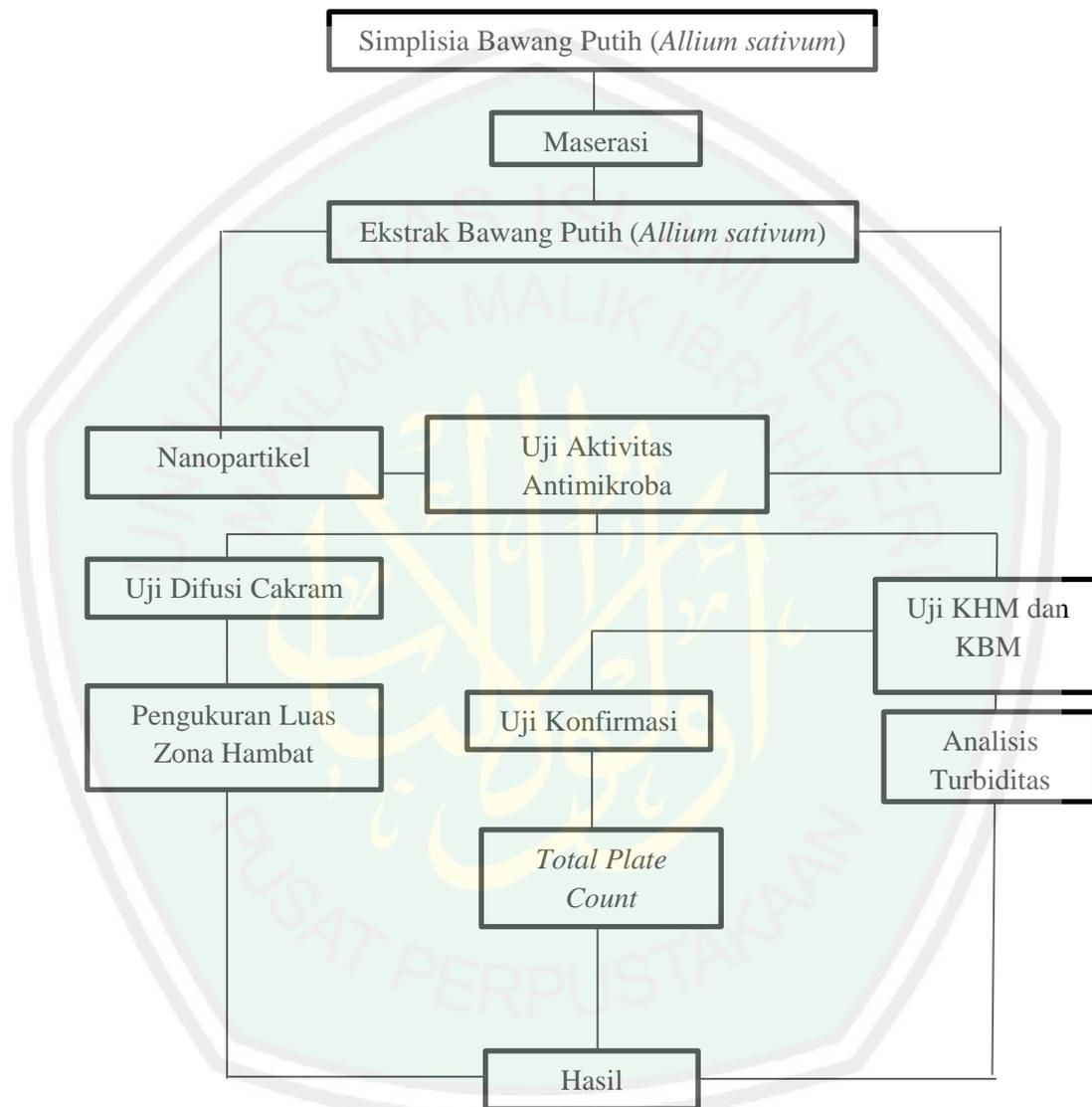
Yuhua, W.F.D, Eddy S. 2011. *Buku Pintar : Terapi Jahe Dan Bawang Putih*. Jakarta: Tamedia & Restu Agung.

Yu-Shin, L., Kiran, S., Kurt, M.L., Jyuhn, H.J., Long, F., Han, Y., Hsing, W.S. 2008. Multi-ion-crosslinked Nanoparticles with pH-responsive Characteristic for Oral Delivery of Protein Drugs. *J. Cont Rel.* 132: 141-149.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alur Penelitian



Lampiran 2. Langkah Kerja Uji Aktivitas Antimikroba

L.2.1 Sterilisasi Alat

Alat

- Ditutup mulut alat gelas dengan aluminium foil atau kasa dan kapas, kemudian dilapisi wrap.
- Dibungkus cawan petri dengan kertas, kemudian dimasukkan ke plastik.
- Dimasukkan ke dalam autoklaf dengan tekanan 15 psi pada suhu 121°C.
- Disterilkan selama 15-30 menit

Hasil

L.2.2. Pembuatan Media

Natrium Agar (NA)

- Ditimbang serbuk media NA sebanyak 5 gram.
- Dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL steril.
- Ditambahkan aquades steril sebanyak 250 mL (NA racikan 20 g/L).
- Dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* di atas hot plate.
- Dipanaskan hingga mendidih.
- Dituang ke erlenmeyer steril 250 mL.
- Ditutup dengan aluminium foil dan dilapisi plastik *wrap*.
- Dimasukkan plastik dan disterilisasi.

Hasil

Saboround Dextrose Agar (SDA)

- Ditimbang serbuk media SDA sebanyak 16,25 gram.
- Dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL steril.
- Ditambahkan aquades steril sebanyak 250 mL.
- Dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* di atas hot plate.
- Ditambahkan NaCl 0,9% steril sebanyak 4,8 mL dan kloramfenikol 120 mg.

- Dipanaskan hingga mendidih.
- Dituang ke erlenmeyer steril 250 mL.
- Ditung dengan aluminium foil dan dilapisi plastik *wrap*.
- Dimasukkan plastik dan disterilisasi.

Hasil

Natrium Broth (NB)

- Ditimbang serbuk media NB sebanyak 2 gram.
- Dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL steril.
- Ditambahkan aquades steril sebanyak 250 mL.
- Dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* di atas hot plate.
- Dipanaskan hingga mendidih.
- Dituang ke erlenmeyer steril 250 mL.
- Ditung dengan aluminium foil dan dilapisi plastik *wrap*.
- Dimasukkan plastik dan disterilisasi.

Hasil

Saboround Dextrose Broth (SDB)

- Ditimbang serbuk media SDB sebanyak 7,5 gram.
- Dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL steril.
- Ditambahkan aquades steril sebanyak 250 mL.
- Dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* di atas hot plate.
- Dipanaskan hingga mendidih.
- Dituang ke erlenmeyer steril 250 mL.
- Ditung dengan aluminium foil dan dilapisi plastik *wrap*.
- Dimasukkan plastik dan disterilisasi.

Hasil

L.2.3 Regenerasi Mikroba

Isolat Murni *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans*

- Dicairkan media NA dan SDA yang disimpan di dalam kulkas.
- Dituang secukupnya ke dalam tabung reaksi steril dan ditunggu hingga memadat dalam posisi 45°.
- Diambil masing-masing 1 ose mikroba dan di *streak* di atas media (NA untuk bakteri dan SDA untuk jamur).
- Diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

Hasil

L.2.4 Pembuatan Suspensi Mikroba Uji

Stok mikroba uji yang telah diremajakan

- Diambil masing-masing 1 ose mikroba uji.
- Dichelupkan pada masing-masing media cair steril (NB untuk bakteri dan SDB untuk jamur).
- Diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C.
- Dihomogenkan dengan vortex.
- Dibuat suspensi mikroba uji dari inokulum media cair dengan perbandingan 1:9 untuk bakteri dan 1:11 untuk jamur dalam NaCl steril 0,9% (mL).
- Divortex kemudian diinkubasi pada 37°C selama 24 jam.
- Disetarakan dengan McFarland 0,5.
- Ditambahkan media cair hingga sesuai standart.

Hasil

L.2.5 Pembuatan Stok Larutan Uji 2,5%

Nanopartikel dan Ekstrak Bawang Putih

- Ditimbang masing-masing ekstrak dan nanopartikel sebanyak 0,025 gr.
- Dimasukkan pada tabung reaksi yang berbeda.

- Ditambahkan masing-masing 1 mL DMSO.
- Dihomogenkan menggunakan vortex.

Hasil

L.2.6 Uji Daya Hambat (Uji Kirby-Bauer)

Stok larutan uji antimikroba 2,5%

- Dicairkan media padat kemudian dituang pada cawan petri steril.
- Ditunggu hingga memadat.
- Direndam kertas cakram steril pada larutan uji antimikroba selama 30 menit-1 jam.
- Diambil 100 μ L suspensi mikroba uji dan dituang ke media padat pada cawan petri.
- Diratakan menggunakan *cotton swab*.
- Diletakkan 3 buah kertas cakram dengan jarak yang setara dalam 1 cawan petri.
- Diinkubasi pada 37°C selama 24 jam.
- Diukur zona bening menggunakan jangka sorong.
- Dianalisis.

Hasil

L.2.7 Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM)

Stok larutan uji antimikroba 2,5%

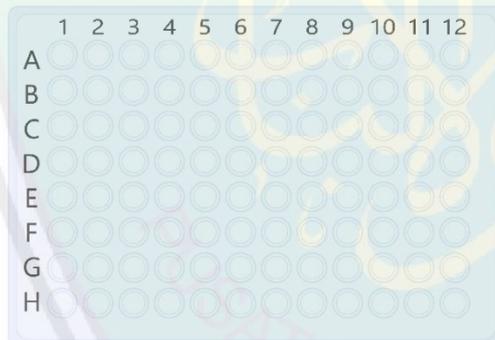
- Ditentukan kode perlakuan untuk setiap sumuran pada *well-96* steril (huruf A-H = menunjukkan perlakuan larutan uji dan kontrol, angka 1-6 = konsentrasi perlakuan ulangan 1, angka 7-12 = konsentrasi perlakuan ulangan 2).
- Dimasukkan media cair steril pada sumuran 2-6 sebanyak 50 μ L.
- Dimasukkan larutan uji 2,5% pada sumuran 1 sebanyak 100 μ L

- Dilakukan pengenceran dengan mengambil 50 μ L larutan dari sumuran 1 dan dimasukkan ke sumuran 2.
- Dihomogenkan.
- Diambil 50 μ L dari sumuran 2 dan dimasukkan ke sumuran 3, begitu seterusnya hingga sumuran ke-6.
- Diisi setiap sumuran dengan suspensi mikroba uji sebanyak 50 μ L.
- Dilakukan hal yang sama pada sumuran 7-12.
- Ditunggung permukaan well dan diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C.
- Diamati secara langsung dan dicatat pada sumuran ke berapa yang tampak bening.

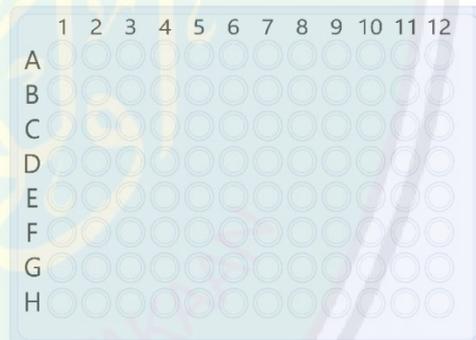
Hasil

Skema perlakuan uji berdasarkan konsentrasi pada well-96

a. Well 1



b. Well 2



Keterangan:

Well 1 (Ekstrak dan nanopartikel)

- **A** : Ekstrak bawang putih + *E. coli*
- **B** : Nanopartikel bawang putih + *E. coli*
- **C** : Ekstrak bawang putih + *S. aureus*
- **D** : Nanopartikel bawang putih + *S. aureus*
- **E** : Ekstrak bawang putih + *C. albicans*
- **F** : Nanopartikel bawang putih + *C. albicans*

Well 2 (Kontrol)

- **A** : Kontrol + *E. coli*
- **B** : Kontrol - *E. coli*
- **C** : Kontrol + *S. aureus*
- **D** : Kontrol - *S. aureus*
- **E** : Kontrol + *C. albicans*
- **F** : Kontrol - *C. albicans*

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 : Konsentrasi 2,5% (Ulangan 1) | - 7 : Konsentrasi 2,5% (Ulangan 2) |
| 2 : Konsentrasi 1,25% (Ulangan 1) | - 8 : Konsentrasi 1,25% (Ulangan 2) |
| 3 : Konsentrasi 0,625%(Ulangan 1) | - 9 : Konsentrasi 0,625 (Ulangan 2) |
| 4 : Konsentrasi 0,313%(Ulangan 1) | -10 :Konsentrasi 0,313%(Ulangan 2) |
| 5 : Konsentrasi 0,156%(Ulangan 1) | -11 :Konsentrasi 0,156%(Ulangan 2) |
| 6 : Konsentrasi 0,078%(Ulangan 1) | -12 :Konsentrasi 0,078%(Ulangan 2) |

L.2.8 Penentuan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM)

Hasil KHM

- Dibuat garis pembatas pada cawan petri untuk memberikan ruang penanaman 2 ulangan dalam 1 cawan petri seperti skema berikut.



- Dicairkan media padat lalu dituang pada cawan petri.
- Ditunggu media hingga memadat.
- Diambil larutan dari masing-masing sumuran sebanyak 50 μ L dan ditanam pada media (*cotton swab*).
- Dilapisi plastik wrap pada tepi cawan petri lalu diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C.
- Dihitung jumlah koloni menggunakan *colony counter* dan dicatat.
- Dianalisis data yang didapat.

Hasil

Lampiran 3. Rumus – Rumus

L.3.1 Rumus Diameter Zona Hambat

Diameter zona hambat = Diameter zona bening – Diameter kertas cakram

L.3.2 Rumus Standart Deviasi

Rumus Varian

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

Rumus Standar Deviasi

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Keterangan :

S^2 : ragam atau varian sampel

s : standar deviasi

N : jumlah data

i : nomor data ($i : 1,2,3..N$)

x_i : data ke- i ($i : 1,2,3..N$)

\bar{x} : rata-rata sampel

L.3.3 Rumus Total Plate Count

$$TPC = \frac{\text{rerata koloni}}{2} \times \text{pengenceran ke berapa}$$

Lampiran 4. Data Hasil Uji Aktivitas Antimikroba

L.4.1 Tabel Diameter Zona Hambat

No	Mikroba	Perlakuan	Diameter (mm)			Rata-rata (mm)	Kekuatan zona hambat
			U1	U2	U3		
1	<i>Escherichia coli</i>	Kontrol positif	27.57	28.06	29.85	28.49	Sangat kuat
		Kontrol negatif	0.00	0.00	0.00	0.00	-
		Bawang putih	8.67	8.96	11.42	9.86	Sedang
		Nano bawang putih	6.61	7.17	7.65	7.14	Sedang
2	<i>Staphylococcus aureus</i>	Kontrol positif	34.34	38.29	41.87	38.87	Sangat kuat
		Kontrol negatif	0.00	0.00	0.00	0.00	-
		Bawang putih	6.50	6.92	6.00	6.14	Sedang
		Nano bawang putih	4.06	5.20	5.80	5.02	Sedang
3	<i>Candida albicans</i>	Kontrol positif	15.61	16.78	17.52	16.62	Kuat
		Kontrol negatif	0.00	0.00	0.00	0.00	-
		Bawang putih	6.08	6.62	6.79	6.49	Sedang
		Nano bawang putih	7.48	7.57	7.99	7.68	Sedang

L.4.2 Tabel Total Plate Count

No	Perlakuan	Mikroba Uji	U	Konsentrasi (%)					
				2,5	1,25	0,625	0,313	0,156	0,078
1	Ekstrak Bawang Putih	<i>E. coli</i>	1	0	0	10	17	20	25
			2	0	15	7	14	12	21
		<i>S. aureus</i>	1	0	4	5	10	9	13
			2	0	9	8	6	14	63
		<i>C. albicans</i>	1	0	3	2	2	9	18
			2	0	2	3	3	6	3
2	Nanopartikel Bawang Putih	<i>E. coli</i>	1	0	13	8	3	37	∞
			2	0	7	30	5	0	∞
		<i>S. aureus</i>	1	0	13	∞	∞	∞	∞
			2	0	46	∞	∞	∞	∞
		<i>C. albicans</i>	1	0	6	5	∞	∞	∞
			2	0	3	9	∞	∞	∞
3	Kontrol Positif	<i>E. coli</i>	1	0	0	0	0	0	24
			2	0	0	0	0	5	16
		<i>S. aureus</i>	1	0	0	0	2	2	∞
			2	0	0	0	∞	∞	∞
		<i>C. albicans</i>	1	0	3	0	6	7	45
			2	0	3	4	0	0	25
4	Kontrol Negatif	<i>E. coli</i>	1	13	∞	∞	∞	∞	∞
			2	10	∞	∞	∞	∞	∞
		<i>S. aureus</i>	1	3	∞	∞	∞	∞	∞
			2	3	∞	∞	∞	∞	∞
		<i>C. albicans</i>	1	0	∞	∞	∞	∞	∞
			2	3	∞	∞	∞	∞	∞

L.4.3 Tabel Rata-rata Jumlah Koloni Mikroba

Perlakuan	Mikroba uji	Konsentrasi (%)					
		2,5	1,25	0,625	0,313	0,156	0,078
Ekstrak bawang putih	<i>EC</i>	0	7,5	8,5	15,5	16	23
	<i>SA</i>	0	6,5	6,5	8	11,5	32
	<i>CA</i>	0	2,5	2,5	2,5	7,5	10,5
Nanopartikel bawang putih	<i>EC</i>	0	10	19	21	18,5	∞
	<i>SA</i>	0	29,5	∞	∞	∞	∞
	<i>CA</i>	0	4,5	7	∞	∞	∞
K+	<i>EC</i>	0	0	0	0	2,5	10
	<i>SA</i>	0	0	0	1	1	∞
	<i>CA</i>	0	3	2	3	3,5	35
K-	<i>EC</i>	11,5	∞	∞	∞	∞	∞
	<i>SA</i>	3	∞	∞	∞	∞	∞
	<i>CA</i>	1,5	∞	∞	∞	∞	∞

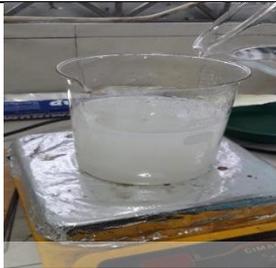
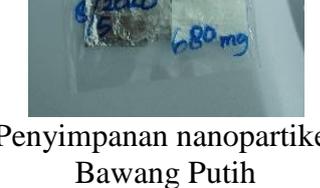
Lampiran 5. Gambar Dokumentasi Penelitian

L.5.1 Proses Ekstraksi

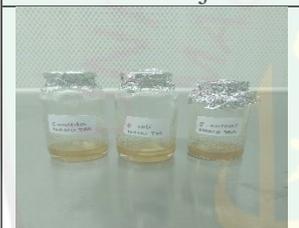
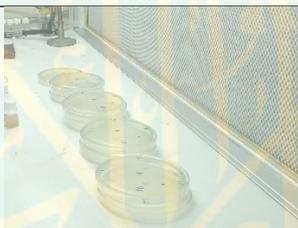
		
<p>Penimbangan serbuk simplisia umbi bawang putih</p>	<p>Maserasi dengan pelarut etanol dan dishaker</p>	<p>Penyaringan</p>
		
<p>Pemisahan ampas dan persiapan remaserasi</p>	<p>Dipekatkan menggunakan vacuum rotary evaporator</p>	<p>Ekstrak hasil rotaf di simpan dalam botol selai tertutup</p>

L.5.2 Proses Pembuatan Nanopartikel Bawang Putih

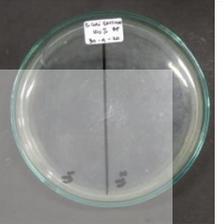
		
<p>Penimbangan Ekstrak</p>	<p>Penimbangan Kitosan</p>	<p>Penimbangan STPP</p>

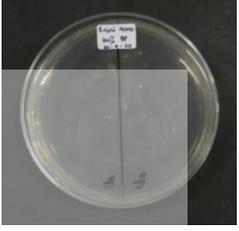
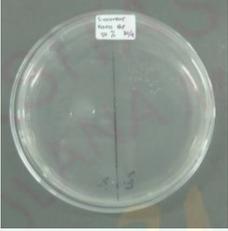
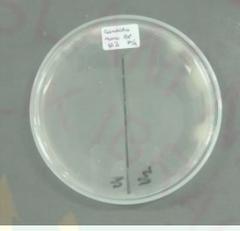
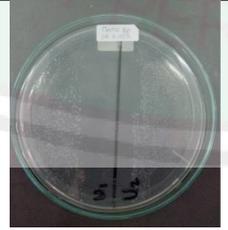
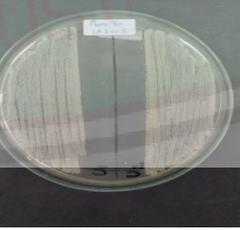
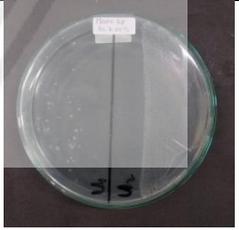
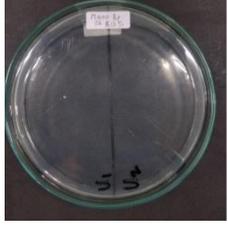
		
<p>Homogenasi larutan kitosan-TPP</p>	<p>Pencampuran ekstrak dengan larutan kitosan-TPP</p>	<p>Homogenasi menggunakan homogenizer ultra turrax</p>
		
<p>Penambahan <i>tween</i></p>	<p>Sonikasi</p>	<p>Pemasukan larutan pada tube</p>
		
<p>Sentrifugasi</p>	<p>Pemisahan pelet dengan supernatan</p>	<p>Pembekuan pelet</p>
		
<p>Peletakan pelet pada cawan</p>	<p>Pengeringan pelet</p>	<p>Hasil pengeringan pelet</p>
		
<p>Penumbukan pelet</p>	<p>Serbuk nanopartikel Bawang Putih</p>	<p>Penyimpanan nanopartikel Bawang Putih</p>

L.5.3 Uji Antimikroba

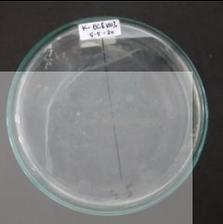
		
<p>Isolat murni</p>	<p>Pengukuran OD preparasi McFarland</p>	<p>Kertas cakram steril</p>
		
<p>Penimbangan bahan larutan uji</p>	<p>Persiapan mikroba uji</p>	<p>Penuangan media</p>
		
<p>Perendaman kertas cakram pada larutan uji</p>	<p>Penanaman kertas cakram pada media</p>	<p>Pembungkusan cawan petri</p>
		
<p>Mikrodilusi KHM dan KBM</p>	<p>Inkubasi</p>	<p>Pengamatan dan dokumentasi</p>
		
<p>Penghitungan koloni</p>	<p>Pengukuran diameter zona hambat</p>	

L.5.4 Hasil Penanaman Uji Mikrodilusi KHM dan KBM

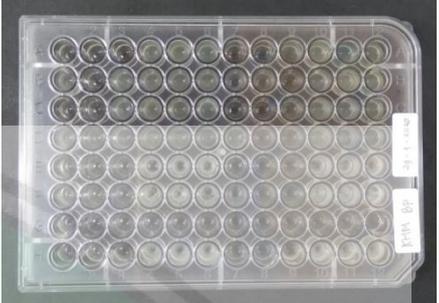
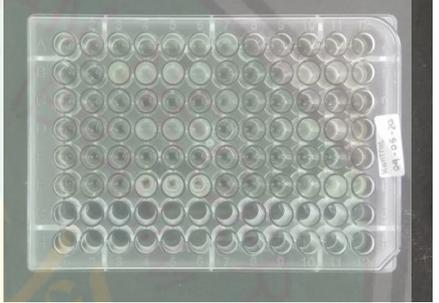
Ekstrak Bawang Putih			
Konsentrasi	<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>	<i>E. coli</i>
2,5%			
1,25%			
0,625%			
0,313%			
0,156%			
0,078%			

Nanopartikel Bawang Putih			
Konsentrasi	<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>	<i>E. coli</i>
2,5%			
1,25%			
0,625%			
0,313%			
0,156%			
0,078%			

Kontrol Positif			
Konsentrasi	<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>	<i>E. coli</i>
2,5%			
1,25%			
0,625%			
0,313%			
0,156%			
0,078%			

Kontrol Negatif			
Konsentrasi	<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>	<i>E. coli</i>
2,5%			
1,25%			
0,625%			
0,313%			
0,156%			
0,078%			

L.5.5 Tabel Foto Pengamatan Turbiditas KHM

Sebelum inkubasi	Setelah inkubasi
 <p>Ekstrak dan nanopartikel BP</p>	 <p>Ekstrak dan nanopartikel BP</p>
 <p>Kontrol</p>	 <p>Kontrol</p>

Keterangan:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - A : Ekstrak bawang putih + <i>E. coli</i> - B : Nanopartikel bawang putih + <i>E. coli</i> - C : Ekstrak bawang putih + <i>S. aureus</i> - D : Nanopartikel bawang putih + <i>S. aureus</i> - E : Ekstrak bawang putih + <i>C. albicans</i> - F : Nanopartikel bawang putih + <i>C. albicans</i> | <ul style="list-style-type: none"> - A : Kontrol + <i>E. coli</i> - B : Kontrol - <i>E. coli</i> - C : Kontrol + <i>S. aureus</i> - D : Kontrol - <i>S. aureus</i> - E : Kontrol + <i>C. albicans</i> - F : Kontrol - <i>C. albicans</i> |
|---|--|

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 : Konsentrasi 2,5% (Ulangan 1) 2 : Konsentrasi 1,25% (Ulangan 1) 3 : Konsentrasi 0,625% (Ulangan 1) 4 : Konsentrasi 0,313% (Ulangan 1) 5 : Konsentrasi 0,156% (Ulangan 1) 6 : Konsentrasi 0,078% (Ulangan 1) | <ul style="list-style-type: none"> - 7 : Konsentrasi 2,5% (Ulangan 2) - 8 : Konsentrasi 1,25% (Ulangan 2) - 9 : Konsentrasi 0,625% (Ulangan 2) - 10 : Konsentrasi 0,313% (Ulangan 2) - 11 : Konsentrasi 0,156% (Ulangan 2) - 12 : Konsentrasi 0,078% (Ulangan 2) |
|---|--|