

Minimum Inhibitory Concentration and Minimum Killing Concentration of the Extract and Nanoparticles of *Pometia pinnata* Leaf Extract Against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*

Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum Ekstrak Dan Nanopartikel Ekstrak Daun *Pometia pinnata* Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

Suyefri Sony ^a, Yayuk Putri Rahayu ^{a*}, Haris Munandar Nasution ^a, Zulamai Rani ^a

^a Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah, Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

*Corresponding Authors: yayukputri@umnaw.ac.id

Abstract

Background: Infectious diseases caused by bacteria such as *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* have become a global health issue. Matoa leaves (*Pometia pinnata*) are known to contain antibacterial compounds that hold potential as alternative treatments. **Objective:** This study aimed to produce nanoparticles from the ethanol extract of matoa leaves and compare the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) values of both the extract and its nanoparticles against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **Methods:** This experimental research used different concentrations of matoa leaf ethanol extract (6.25%, 12.5%, 25%, 50%) and nanoparticle extract (0.625%, 1.25%, 2.5%, 5%). Nanoparticle characterization was performed using a Particle Size Analyzer (PSA). **Results:** The nanoparticle characterization showed a size of 528.95 nm. The MIC value of the matoa leaf extract against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* was 12.5%, while for the nanoparticles, it was 1.25%. The MBC value of the matoa leaf extract was 50%, and for the nanoparticles, it was 5%. The highest antibacterial activity of the ethanol extract was 18.3 mm and 18.4 mm, while for the nanoparticles, it was 18.5 mm and 19.0 mm. **Conclusion:** The nanoparticle extract of matoa leaves was more effective in inhibiting and killing bacteria compared to the regular extract, with a lower dose (1:10), showing its potential as an efficient antibacterial alternative.

Keywords: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, Daun Matoa, Nanopartikel.

Abstrak

Latar Belakang: Penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri seperti *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* menjadi masalah kesehatan global. Daun matoa (*Pometia pinnata*) diketahui mengandung senyawa antibakteri yang berpotensi sebagai alternatif pengobatan. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa dan membandingkan nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) ekstrak serta nanopartikelnya terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. **Metode:** Penelitian eksperimental ini menggunakan konsentrasi ekstrak etanol daun matoa (6,25%, 12,5%, 25%, 50%) dan nanopartikel ekstrak (0,625%, 1,25%, 2,5%, 5%). Karakterisasi nanopartikel dilakukan menggunakan Particle Size Analyzer (PSA). **Hasil:** Hasil karakterisasi nanopartikel menunjukkan ukuran 528,95 nm. Nilai KHM ekstrak daun matoa terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* adalah 12,5%, sementara nanopartikel 1,25%. Nilai KBM ekstrak daun matoa adalah 50%, dan nanopartikel 5%. Aktivitas antibakteri tertinggi pada ekstrak etanol adalah 18,3 mm dan 18,4 mm, sedangkan pada nanopartikel 18,5 mm dan 19,0 mm. **Kesimpulan:** Nanopartikel ekstrak etanol daun matoa lebih efektif

dalam menghambat dan membunuh bakteri dibandingkan ekstrak biasa, dengan dosis yang lebih rendah (1:10), menunjukkan potensi sebagai alternatif antibakteri yang efisien.

Kata Kunci: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, Daun Matoa, Nanopartikel.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received: 15/02/2025,
Revised: 26/05/2025
Accepted: 27/05/2025
Available Online: 27/05/2025

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i2.885>

Pendahuluan

Penyakit infeksi dapat diartikan sebagai penyakit yang diakibatkan oleh mikroorganisme seperti bakteri. Beberapa bakteri yang sering menyebabkan infeksi adalah *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Escherichia coli* adalah basil Gram-negatif dan tergolong dalam famili *Enterobacteriaceae*. *Escherichia coli* adalah patogen umum dari usus besar manusia dan terlibat dalam pemecahan sisa makanan. Bakteri ini juga dapat menyebabkan diare karena menghasilkan enterotoksin yang dikenal sebagai enterotoksigenik *E. coli* (ETEC) dan memiliki kemampuan untuk menyerang epitel usus yang disebut enterotoksigenik *E. coli* (EIEC). *Staphylococcus aureus*, di sisi lain, adalah bakteri gram positif, bulat, dan umumnya ditemukan pada mukosa hidung, kulit, dan folikel rambut. *Staphylococcus aureus* dapat menginfeksi jaringan atau organ apa pun di dalam tubuh dan menyebabkan tanda-tanda khas: penyakit dengan peradangan lokal, nekrosis, dan abses [1].

Staphylococcus aureus bakteri patogen yang mengakibatkan resistensi antibiotik karena meningkatnya penggunaan secara klinik. *S. aureus* tumbuh subur pada suhu 6,5-46 °C dengan pH 4,2-9,32. Gejala infeksi bakteri ini adalah kram perut, muntah, dan diare berat. Bakteri ini dapat menyebabkan berbagai penyakit, mulai dari infeksi kulit ringan, keracunan, dan infeksi sistemik. Hasil penelitian melaporkan bahwa infeksi *S. aureus* memiliki tingkat kematian 25% [2,3].

Pengobatan infeksi dengan antibiotik saat ini semakin meningkat dan berkembang. Selain itu, bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* ialah patogen yang kerap resistensi pada berbagai macam antibiotik. Ini dapat menyebabkan infeksi yang serius dan hanya bisa diberikan pengobatan dengan antibiotik alternatif yang sangat terbatas, untuk memilih agen antibakteri yang tepat untuk pengobatan sangat sulit. Banyak penelitian menunjukkan bahwa resistensi ini dapat menyebabkan peningkatan biaya pengobatan, mortalitas, morbiditas, dan dapat menurunkan kualitas pelayanan medis [4]. Oleh karena itu, sebagai pengobatan alternatif, perlu dicari senyawa baru yang berpotensi sebagai agen antibakteri yang dapat mengatasi masalah penyakit infeksi. Senyawa antibakteri adalah senyawa kimia atau biologis sintetis dan alami yang membantu menghambat aktivitas dan pertumbuhan bakteri.

Pengobatan tradisional yang dilakukan melalui pemanfaatan tumbuhan obat secara praktik telah dilakukan oleh masyarakat Indonesia sejak zaman dahulu hingga saat ini. Obat tradisional merupakan warisan budaya Indonesia, yang diinginkan untuk dapat digunakan dalam sistem pelayanan kesehatan. Data menunjukkan bahwa terdapat 5000 spesies tumbuhan bermanfaat yang tercatat resmi, dan 21% diantaranya merupakan spesies tumbuhan obat [5].

Nanoteknologi telah menjadi salah satu bidang teknik yang paling penting dan menarik dalam fisika, kimia dan biologi dalam beberapa tahun terakhir. Beberapa bentuk nanoteknologi yang berkembang pesat adalah nanomedisin, nanoemulsi dan nanopartikel. Nanoteknologi sangat menarik karena dapat memiliki aplikasi yang luas di bidang biomedis [6].

Nanopartikel adalah partikel koloid padat dengan diameter 1-1000 nm. Bentuk dan ukuran partikel merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi efikasi obat, karena ukuran partikel memiliki pengaruh yang besar terhadap disolusi, absorpsi dan distribusi obat [6].

Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan untuk pengobatan tradisional adalah matoa dengan nama ilmiah *Pometia pinnata* J. R. & G. Forst. Tumbuhan ini tersebar hampir di setiap daerah di provinsi Papua. Telah dilaporkan tentang beberapa khasiat tumbuhan matoa, diantaranya untuk luka bakar, keluhan lambung, diare, disentri, antivirus HIV, pilek, flu, diabetes, antioksidan dan ulcer mulut [7]. Penelitian yang dilakukan oleh Rossalinda *et al.*, (2021) diperoleh bahwa ekstrak etanol daun matoa mengandung senyawa saponin yang memiliki aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus epidermidis* [8]. Beberapa hasil penelitian juga menyatakan bahwa ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G. Forst) memiliki aktivitas antijamur terhadap *Trichophyton mentagrophytes* dengan uji daya hambat rata-rata zona hambat yang tinggi pada konsentrasi 30% [9]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*) mengandung senyawa flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan yang kuat [10,11]. Dari latar belakang diatas penulis tertarik untuk melihat perbandingan nilai kosentrasi hambat minimum dan konsentrasi bunuh minumun dari esktrak dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*) terhadap *staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode penelitian eksperimental, dimana variable bebas pada peneltian ini yaitu simplisia daun matoa (*Pometia pinnata*), ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*), nanopartikel ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*), dan uji aktivitas antibakteri difusi dan dilusi. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu pemeriksaan karakterisasi simplisia, skrining fitokimia, karakteristik nanopartikel ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*), uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dan analisis data. Rancangan meliputi pegumpulan dan pengolahan sampel, skrining fitokimia, pemeriksaan karakterisasi simplisia pembuatan ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*), pembuatan nanopartikel esktrak daun matoa dan uji aktivitas antibakteri.

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun matoa, etanol 96%, HCL 2N, FeCl₃ 1%, Kloralhidrat, Bouchardat, Dragendorff, Mayer, Kloroform, media Nutrient Agar (NA), media Mueller Hinton Agar (MHA), cakram amoksisilin 25µg, kitosan 0,1%, natrium tripolifosfat (Na-TPP) 0,1%, asam asetat, DMSO (Dimetil Sulfoksida), anhidrat larutan standar Mc.Farland 0,5, NaCl steril 0,9%, BaCl₂.2H₂O, H₂SO₄ 1%, aquadest, bakteri *Staphylococcus aureus*. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah rotary evaporator (DLAB), kertas saring, neraca analitik (Vibra), cawan porselin, kurs porselin, seperangkat alat penetapan kadar air, alat-alat gelas laboratorium, *magnetic stirrer*, *homogenizer* (IKA RW 20 digital), jangka sorong digital, alumunium foil, jarum ose, inkubator, autoklaf, oven (Memmert), pipet tetes, blender, ayakan, toples kedap udara, *Particle Size Analyzer* (Fritsch), tabung reaksi, cawan petri, lampu spritus.

Persiapan sample

Pengambilan sampel daun matoa (*Pometia pinnata*) dilakukan secara acak di sekitar wilayah Kota Banda Aceh. Setelah itu, determinasi sampel dilakukan di Herbarium Jurusan Biologi FMIPA Universitas Syiah Kuala, Jalan Syech Abdul Rauf No. 3, Banda Aceh, untuk memastikan identitas botaninya. Pengumpulan sampel dilakukan secara purposif, yaitu dengan mengambil tanaman secara sengaja dari lokasi tertentu tanpa membandingkannya dengan sampel dari daerah lain. Selanjutnya, daun matoa yang telah dikumpulkan dibersihkan melalui sortasi basah, dicuci dengan air mengalir, dan dikeringkan dengan diangin-anginkan di tempat teduh sebelum diproses lebih lanjut menggunakan lemari pengering. Simplisia kering kemudian disortasi kembali untuk membuang kotoran, digiling menjadi serbuk, dan disimpan dalam wadah kedap udara [12].

Pembuatan Ekstrak Etanol Daun Matoa

Pembuatan ekstrak etanol daun matoa dilakukan dengan menggunakan metode maserasi. Sebanyak 10 bagian (800 g) serbuk simplisia dimasukkan ke dalam bejana, kemudian dituangkan dengan 75 bagian etanol sebanyak 6000 ml dalam wadah tertutup rapat selama 5 hari terlindung dari cahaya, sambil sering diaduk lalu diperas sehingga didapat maserat I. Kemudian ampas yang diperoleh dibilas dengan 25 bagian etanol sebanyak 2000 ml sehingga diperoleh maserat II. Maserat I dan II digabung, kemudian dipindahkan ke dalam

bejana tertutup dibiarkan di tempat yang sejuk terlindung dari cahaya matahari selama 2 hari, kemudian dienaptuangkan sehingga diperoleh ekstrak cair, lalu dipekatkan dengan cara diuapkan pada *rotary evaporator* dengan suhu tidak lebih dari 50°C hingga diperoleh ekstrak kental [13].

Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak sampel daun matoa (*Pometia pinnata*) melalui serangkaian uji kualitatif. (1) **Flavonoid** : 1 g ekstrak pekat dimasukkan ke dalam cawan porselin, ditambah 2 mg magnesium sulfat dan 3 tetes HCl pekat, lalu dipindahkan ke tabung reaksi dan dikocok. Terbentuknya warna merah, kuning, atau jingga menunjukkan adanya flavonoid [14]. (2) **Saponin** : 2 g ekstrak pekat dicampur dengan 10 mL air panas dalam tabung reaksi, dikocok vertikal selama ± 10 detik, lalu ditambahkan 1 tetes HCl 2N dan dikocok kembali. Stabilitas buih setinggi 1–10 cm selama minimal 10 menit mengindikasikan keberadaan saponin [14]. (3) **Tanin** : 1 g ekstrak pekat direaksikan dengan 2 tetes FeCl₃ 1%, dihomogenkan, dan diamati perubahan warna. Warna biru tua atau hitam kehijauan menandai kandungan tanin [14]. (4) **Triterpenoid dan Steroid** : 2 g ekstrak pekat diuapkan hingga residu, dilarutkan dalam campuran kloroform (0,5 mL), asam asetat anhidrat (0,5 mL), dan H₂SO₄ pekat (2 mL) yang ditambahkan perlahan melalui dinding tabung. Cincin kecoklatan/ungu mengindikasikan triterpenoid, sementara cincin biru kehijauan menunjukkan steroid [14]. (5) **Alkaloid** : Residu ekstrak pekat (2 g) dilarutkan dalam 5 mL HCl 2N, lalu dibagi ke tiga tabung reaksi. Tabung pertama ditambahkan HCl 2N, tabung kedua dengan reagen Bouchardat, dan tabung ketiga dengan reagen Mayer. Endapan jingga (tabung kedua) dan endapan kuning (tabung ketiga) membuktikan adanya alkaloid [14]. (6) **Glikosida** : 1 g ekstrak etanol pekat direaksikan dengan 5 mL asam asetat anhidrat dan 10 tetes H₂SO₄ pekat, lalu diamati warna hasil reaksi. Warna biru atau hijau menunjukkan positif glikosida [14].

Pembuatan Reagen dan Media

Proses persiapan reagen dan media dimulai dengan pembuatan larutan pereaksi, yaitu (a) **Reagen Bouchardat** : iodida (4 g) dilarutkan dalam air suling, ditambahkan iodium (2 g) secara bertahap hingga volume 100 mL [15]; (b) **Pereaksi Dragendorff** : bismuth (III) nitrat (0,8 g) dilarutkan dalam asam nitrat (20 mL), dicampur dengan larutan kalium iodida (27,2 g dalam 50 mL air suling), didiamkan hingga lapisan jernih terpisah, lalu diencerkan menjadi 100 mL [15]; (c) **Pereaksi Mayer** : raksa (II) klorida (1,569 g) dan kalium iodida (5 g dalam 10 mL air suling) dicampur, kemudian diencerkan hingga 100 mL [15]; (d) **Asam klorida 2 N** : asam klorida pekat (17 mL) diencerkan dengan air suling hingga 100 mL [15]; (e) **FeCl₃ 1%** : besi klorida (1 g) dilarutkan dalam air suling hingga 100 mL [16]. Selanjutnya, **media Potato Dextrose Agar (PDA)** disiapkan dengan melarutkan 39 g PDA dalam 1.000 mL aquades, dipanaskan hingga homogen, didinginkan hingga 36–37 °C, diukur pH (4,5–5,5), dan disterilkan di autoklaf (121 °C, 15 menit) [17]. Sementara itu, **media Potato Dextrose Broth (PDB)** dibuat dengan melarutkan 7,8 g PDB dalam 200 mL aquades, dipanaskan hingga homogen, disumbat kapas, lalu disterilkan dengan autoklaf pada kondisi yang sama [18].

Pembuatan Larutan Kitosan 0,1%

Larutan kitosan dibuat dengan memasukkan 100 mL asam asetat 1% ke dalam gelas beker 250 mL. Dimasukkan 0,1 g kitosan yang kemudian diaduk dengan magnetic stirrer hingga kitosan larut dan diperoleh larutan kitosan 0,1% [19].

Pembuatan Larutan NaTPP

Larutan NaTPP dibuat dengan menambahkan 0,035 g Na-TPP ke dalam 35 mL aquades menggunakan gelas beker 250 mL. Larutan tersebut diaduk dengan magnetic stirrer hingga terlarut dan diperoleh larutan NaTPP 0,1% [19].

Pembuatan Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa

Pembuatan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa dibuat dengan 2 beaker, dilakukan dengan menimbang 1g ekstrak etanol daun matoa. Ekstrak etanol daun matoa dilarutkan dalam 35 mL etanol 96% dicampur dengan 15 mL aquades dalam beaker 1000 mL. Kemudian ditambahkan dengan 100 mL larutan kitosan 0,1%, kemudian di dalam campuran tersebut ditambahkan 35 mL Na-TPP sambil diaduk dengan homogenizer 2000 rpm selama 15 menit. Setelah semua bahan tercampur kemudian diaduk kembali dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 1000 rpm lebih kurang selama 2 jam dengan kecepatan stabil. Kemudian koloid nanopartikel kitosan dan Na-TPP daun matoa dipisahkan dengan sentrifugasi pada speed 8 selama 10

menit. Lalu padatan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa dimasukkan ke dalam lemari pendingin dengan suhu 3°C sampai menjadi padatan kering [20,21].

Distribusi Ukuran Partikel

Nanopartikel kitosan ekstrak dan natos dikarakterisasi menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran partikel yang dihasilkan [22]. Pada karakterisasi ukuran partikel dengan PSA, spesimen dilarutkan dalam 3 ml etanol. Kemudian larutan tersebut dimasukkan ke dalam tabung dengan ketinggian larutan maksimum 15 mm [22]. Kemudian distribusi diameter spesimen diukur menggunakan VASCO *Nano Particle Analyzer*. Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan metode *Dynamic Light Scattering* (DLS) menggunakan Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments).

Peremajaan Bakteri

Isolat bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* berasal dari biakan murni yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara. Koloni bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* diambil dari kultur menggunakan jarum ose lalu tanam pada *nutrient agar* (NA) dengan menggores pada media. Lalu inkubasi 1x24 jam dengan suhu 37°C. lalu amati koloni yang tumbuh. Lalu inokulasi pada agar miring NA dengan menggoreskan koloni yang pada jarum ose secara aseptis. Lalu diinkubasi selama 1x24 jam disuhu 37°C. koloni yang tumbuh digunakan sebagai pengujian aktivitas antibakteri.

Pembuatan Suspensi Bakteri

Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* yang telah diinkubasi menggunakan jarum ose diambil lalu dimasukkan kedalam tabung reaksi yang telah berisi larutan NaCl 0.9% sebanyak 10 mL. Lalu dihomegenkan menggunakan vortex. Hasil kekeruhan dibandingkan dengan kekeruhan Mc Farland , yang dimana mempunyai konsentrasi 10⁸ CFU/mL. Lalu pipet 0.1 mL biakan bakteri lalu masukkan kedalam tabung yang berisi NaCl 0.9 % steril sebanyak 9.9 mL dan di vortex. Kemudian didapatkan suspensi koloni berkonsentrasi 10⁶CFU/mL .

Pengujian Aktivitas Antibakteri Metode Difusi Cakram

Uji aktivitas antibakteri yang dilakukan menggunakan metode cakram. Suspensi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* diambil menggunakan cotton bud steril. Cotton bud steril dimasukkan kedalam suspensi bakteri dengan diperas di pinggir tabung. Kemudian cotton bud di goreskan ke media MHA. Lalu letakkan kertas cakram berisi larutan konsentrasi ekstrak dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa, letakkan juga kontrol positif (Kloramfenikol) menggunakan pinset. Kontrol negative yang digunakan DMSO. Lalu masukkan cawan petri ke dalam inkubator dan inkubasi selama 1x24 jam dengan suhu 37 °C. lalu amati zona beningnya dan diukur menggunakan jangka sorong [23,24].

Metode Dilusi Cair

Metode yang digunakan ialah metode serial dilusi atau pengenceran bertingkat. Metode pengujian menggunakan turbidimetri. Sebanyak 10 tabung reaksi steril disiapkan. Setiap tabung dimasukkan media *Muller Hinton Broth* (MHB) sebanyak 3,5 mL dan 0,5 mL bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ATCC 25923 yang setara dengan standar Mc Farland 0,5. Setiap tabung uji diberi label 1- 8, kemudian tabung 9 diberi label K (+) yang merupakan kontrol positif, yaitu tabung yang berisi media dan bakteri. Tabung 10 diberi label K(-) yang merupakan kontrol negatif, yaitu tabung berisi Media. Tabung 1-8 dimasukkan ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*) dengan konsentrasi 100%, 50%, 25%, 12,5% dan 6,25%, 3,125%, 1,56%, 0,78% dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa 10%, 5%, 2,5%, 1,25% dan 0,625%, 0,3125%, 0,156%, 0,078% masing masing sebanyak 1 mL dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometri uv-vis.

Selanjutnya media tabung perlakuan diinkubasi selama 1x24 jam dan kemudian dilakukan kembali pengukuran absorbansi kembali menggunakan spektrofotometri uv-vis, semua tabung tersebut dilihat kekeruhannya secara visual, bila kekeruhan masing-masing tabung masih setara atau lebih keruh dari tabung K(+) yang berisi media dan suspensi *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* berarti bakteri masih dapat bertumbuh, tetapi bila larutan dalam tabung terlihat mulai lebih jernih daripada tabung K(-) berarti pertumbuhan bakteri mulai terhambat. Hal inilah yang menunjukkan konsentrasi hambat minimum (KHM). Kadar hambat minimum ditentukan dengan konsentrasi ekstrak terkecil pada tabung perlakuan yang sudah mulai menghambat pertumbuhan bakteri.

Metode Dilusi Padat

Sebanyak 25 mL MHA dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan selama beberapa menit sehingga menjadi padat. Kemudian dipipet sejumlah 0,1 mL dari tiap -tiap penengerceran kemudian disebarakan di atas media MHA steril. Selanjutnya dilakukan inkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C KBM ditentukan dengan pengamatan ada tidaknya pertumbuhan bakteri dalam media agar setelah diinkubasi. Konsentrasi terendah yang memperlihatkan kematian bakteri (tidak ada pertumbuhan) merupakan nilai KBM. Data yang diperoleh dianalisa secara deskriptif berupa konsentrasi terendah dari ekstrak yang mampu menghambat dan membunuh *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Pengukuran Diameter Zona Hambat

Pengukuran diameter zona hambat dilakukan setelah diinkubasi selama 24 jam. Zona hambat bening yang terbentuk diukur diameternya menggunakan penggaris dalam satuan milimeter (mm) dengan cara mengukur ujung tepi zona ke ujung tepi zona lainnya melintasi zona bening melewati di atas titik pusat kertas cakram (disk) (kertas cakram termasuk dalam perhitungan), hingga diperoleh nilai *zone of inhibition* (ZOI) atau nilai zona hambat [25].

Analisa Data

Data yang diperoleh pada pengujian aktivitas antibakteri dioalah secara statistik dengan *metode one way ANOVA* pada taraf kepercayaan 95% dengan menggunakan program SPSS.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil Identifikasi dan Karakterisasi Daun Matoa

Hasil identifikasi sampel daun matoa yang dilakukan di Herbarium Medanense (MEDA), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Syiah Kuala, menunjukkan bahwa sampel yang digunakan adalah *Pometia pinnata* J.R. Forst & G. Forst, yang termasuk dalam famili Sapindaceae. Identifikasi ini bertujuan untuk memastikan keaslian tumbuhan yang digunakan sebagai bahan uji.

Proses pembuatan simplisia dilakukan dengan menggunakan 10.000 g daun matoa segar, yang menghasilkan 50.000 g simplisia kering dan 1.000 g serbuk simplisia. Simplisia yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk pembuatan ekstrak etanol daun matoa dengan metode maserasi, yang menghasilkan ekstrak sebanyak 225,3445 g dengan rendemen 28,16%.

Pemeriksaan makroskopik menunjukkan bahwa daun matoa memiliki bentuk lonjong berwarna hijau tua, dengan helaian daun yang tebal dan kaku. Ujung daun meruncing, sedangkan pangkalnya tumpul. Panjang daun tercatat 47,2 cm, dan lebar daun 12 cm.

Pemeriksaan mikroskopik terhadap serbuk simplisia daun matoa mengungkapkan adanya struktur dinding sel, kolenkim, dan stomata yang merupakan bagian dari karakteristik mikroskopis tanaman tersebut.

Karakterisasi simplisia dilakukan untuk memastikan kualitas bahan baku yang digunakan dan untuk menjamin efek farmakologi dari tanaman tersebut. Karakterisasi meliputi penetapan kadar air, kadar sari larut dalam air, kadar sari larut dalam etanol, kadar abu total, dan kadar abu tidak larut dalam asam. Hasil karakterisasi simplisia daun matoa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Simplisia Daun Matoa

No.	Karakteristik Simplisia	Kadar (%)	Syarat (%) (Maryam, 2020) [26]
1.	Kadar air	2%	≤ 10%
2.	Kadar sari larut dalam air	23%	≥ 12%
3.	Kadar sari larut dalam etanol	30%	≥ 6,7%
4.	Kadar abu total	5,8%	≤ 10,2%
5	Kadar abu tidak larut asam	0,50%	≤ 2%

Keterangan : ≥ : Lebih dari
≤ : Tidak lebih dari

Berdasarkan tabel 1 persyaratan karakterisasi daun matoa tidak ada di buku *Materia Medica Indonesia* (MMI) sehingga hasil karakterisasi simplisia dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang

menggunakan daun matoa yang dilakukan oleh Maryam, *et al* (2020) [26]. Hasil karakterisasi simplisia daun matoa pada tabel 4.1 menunjukkan kadar air simplisia daun matoa sebesar 2 % yang berarti memenuhi syarat yaitu $\leq 10\%$. Kadar air ditetapkan untuk menjaga kualitas ekstrak dan menghindari cepatnya pertumbuhan jamur. Semakin tinggi kadar air maka semakin mudah untuk ditumbuhi jamur atau kapang sehingga dapat menurunkan aktivitas biologi simplisia dalam masa penyimpanan [27].

Penetapan kadar sari larut dalam air yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 23% yang berarti memenuhi syarat $\geq 12\%$. Penetapan kadar sari larut dalam etanol yang diperoleh yaitu 30% yang berarti memenuhi syarat $\geq 6,7\%$. Penetapan senyawa yang terlarut dalam air dan etanol bertujuan untuk mengetahui jumlah senyawa yang terlarut dalam air (bersifat polar) maupun etanol (bersifat semi polar- non polar) [26]. Senyawa- senyawa yang diduga terlarut dalam pelarut air yaitu karbohidrat, saponin, tanin, alkaloid kuarterner, gula, asam- asam amino, dan sebagian vitamin. Senyawa yang diduga terlarut dalam pelarut etanol antara lain terpenoid, alkaloid, fenol, glikosida, lilin, lipid, dan minyak menguap [27].

Penetapan kadar abu total yang diperoleh sebesar 5,8 % yang berarti memenuhi syarat yaitu $\leq 10,2\%$. Penetapan kadar abu total tersebut menunjukkan senyawa organik yang terdapat pada simplisia daun matoa, semakin tinggi kadar abu total pada suatu sampel maka semakin buruk kualitas sampel. Penetapan kadar abu tidak larut asam sebesar 0,50 % yang berarti memenuhi syarat karena tidak lebih dari persyaratan yang ditentukan yaitu $\leq 2\%$. Penetapan kadar abu tidak larut asam menunjukkan adanya senyawa anorganik tidak larut asam seperti tanah atau pasir yang masih melekat pada simplisia daun matoa. Hal itu dapat disebabkan oleh adanya kontaminasi yang terjadi melalui udara atau tempat perlakuan sampel selama proses pengambilan daun hingga menjadi serbuk [27].

Hasil Skrining Fitokimia Serbuk dan Ekstrak etanol daun matoa

Skrining fitokimia dilakukan bertujuan untuk memberikan gambaran awal komposisi kandungan kimia. Hasil skrining fitokimia serbuk simplisia dan ekstrak etanol daun matoa dengan melihat adanya golongan senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, tanin dan steroid/triterpenoid. Hasil Pemeriksaan senyawa kimia pada sampel serbuk dan ekstrak etanol daun matoa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Skrining Fitokimia Serbuk Dan Ekstrak etanol daun matoa

No	Pemeriksaan	Hasil	
		Serbuk	Ekstrak
1.	Alkaloid	+	+
2.	Flavonoid	+	+
3.	Saponin	+	+
4.	Tanin	+	+
5.	Steroid/ Triterpenoid	+	+
6.	Glikosida	+	+

Keterangan : (+) : Mengandung senyawa

(-) : Tidak mengandung senyawa

Hasil pada tabel 2 menunjukkan serbuk dan ekstrak etanol daun matoa mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid/ triterpenoid dan glikosida. Hasil uji alkaloid serbuk dan ekstrak etanol daun matoa dengan pereaksi Bouchardat memberikan warna endapan coklat jingga, pereaksi Dragendorff memberikan warna endapan merah dan pereaksi Mayer tidak ada endapan hanya larutan bening. Alkaloid dianggap positif jika terjadi endapan sedikitnya 2 reaksi dari 3 percobaan [28]. Adapun fungsi dari penambahan HCl karena alkaloid bersifat basa sehingga diekstrak dengan pelarut yang mengandung asam. Adapun terbentuknya endapan, karena alkaloid senyawa basa nitrogen, dimana jika nitrogen direaksikan dengan asam maka akan membentuk garam yang tidak larut, sehingga garam inilah yang membentuk endapan [29,30].

Hasil pemeriksaan flavonoid pada serbuk daun matoa berwarna merah pada lapisan amil alkohol sedangkan pada ekstrak etanol daun matoa berwarna jingga pada lapisan amil alkohol menunjukkan bahwa serbuk dan ekstrak etanol daun matoa mengandung flavonoid. Penggunaan serbuk Mg pada flavonoid bertujuan menghidrolisis ikatan glikosida dengan cara mereduksi ikatan tersebut karena biasanya senyawa flavonoid berikatan dengan gula membentuk glikosida. Reduksi dengan Mg dan HCl pekat dapat menghasilkan senyawa kompleks yang berwarna merah atau jingga [31].

Hasil pemeriksaan saponin pada serbuk daun matoa menghasilkan busa yang stabil setinggi 2,3 cm setelah penambahan HCl 2N dan bertahan selama 10 menit. Sedangkan pada ekstrak etanol daun matoa menghasilkan busa stabil setinggi 2,5 cm dan bertahan selama 10 menit. Hasil tersebut menunjukkan serbuk dan ekstrak etanol daun matoa mengandung saponin. Busa yang terbentuk karena adanya gelembung udara yang terjebak di dalam larutan [29].

Hasil pemeriksaan tanin pada serbuk dan ekstrak etanol daun matoa menghasilkan endapan berwarna biru kehitaman. Hasil tersebut menunjukkan adanya senyawa tanin pada serbuk dan ekstrak etanol daun matoa. Galotanin dan elagitanin memberikan endapan berwarna biru hitam dengan larutan garam feri (besi) ([32].

Hasil pemeriksaan steroid/ triterpenoid menghasilkan warna biru pada serbuk simplisia daun matoa sedangkan warna hijau pada ekstrak etanol daun matoa setelah penambahan pereaksi Lieberman-Bouchard. Hasil tersebut menunjukkan adanya senyawa steroid pada serbuk dan ekstrak etanol daun matoa. Sedangkan glikosida ditunjukkan dengan penambahan pereaksi Molish dan asam sulfat pekat dimana terbentuk cincin berwarna ungu. Pereaksi Molish merupakan pereaksi umum yang digunakan untuk identifikasi karbohidrat, dalam hal ini adalah gula [33].

Hasil Pembuatan Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pembuatan koloid nanopartikel ekstrak etanol daun matoa menghasilkan warna hijau kecoklatan. Endapan basah koloid nanopartikel ekstrak etanol daun matoa setelah disentrifuse berwarna hijau. Adapun padatan kering nanopartikel ekstrak etanol daun matoa memiliki warna hijau kehitaman.

Metode gelasi ionik menggunakan kitosan yang dilarutkan pada larutan dengan pH asam untuk mengubah gugus amina (-NH₂) menjadi terionisasi positif (-NH₃⁺). Gugus yang telah terionisasi positif mampu membentuk interaksi ionik dengan obat yang bermuatan negatif [34]. Secara keseluruhan sistem yang terbentuk cenderung menyisakan gugus ammonium bebas yang akan saling tolak-menolak sehingga melemahkan kompleks nanopartikel yang telah terbentuk [35]. Oleh karena itu, perlu ditambahkan adanya suatu pengikat silang (crosslinker) yang mampu menstabilkan muatan positif yang tersisa. Pengikat silang ini harus berupa polianion dan salah satu yang banyak digunakan adalah anion tripolifosfat (NaTPP) karena bersifat tidak beracun [34,36]. Fungsi penambahan larutan kitosan yaitu sebagai penstabil ukuran nanopartikel, kitosan yang dilarutkan dalam larutan asam encer akan membentuk gugus amin, dimana gugus amin yang bermuatan positif akan bertaut silang dengan gugus negatif dari polianion NaTPP membentuk kompleksasi antara muatan yang berbeda tersebut yang menyebabkan nanopartikel kitosan yang dihasilkan lebih stabil. Penggunaan NaTPP bertujuan untuk menghindari terbentuknya agregat dan sebagai penstabil nanopartikel yang terbentuk [37].

Kelebihan dari kitosan yaitu muatan pada gugus amonium yang positif dapat mengadakan interaksi ionik dengan asam sialat pada membran intestinal saluran cerna. Biokompabilitas kitosan dikarenakan kitosan merupakan polimer yang diperoleh dari hidrolisis kitin yang berasal dari sumber alam yang sudah menjadi konsumsi umum pada cangkang hewan laut, sehingga cenderung tidak menimbulkan ketoksikan pada dosis terapi, selain dari sifatnya yang sekaligus *biodegradable* [35].

Hasil Distribusi Ukuran Partikel

Pengukuran nanopartikel ekstrak etanol daun matoa dilakukan di Laboratorium Nanomedisin Universitas Sumatera Utara menggunakan alat *Particle Size Analyzer* (PSA) dengan merk Fritsch. Hasil pengukuran nanopartikel ekstrak etanol daun matoa adalah 528,95 nm dan distribusi ekstrak daun matoa 2.20345 μ m. Nanopartikel adalah partikel koloid padat dengan diameter 1-1000 nm (Kumowal *et al.*, 2019). Hasil distribusi ukuran nanopartikel ekstrak etanol daun matoa memenuhi syarat sedangkan distribusi ukuran partikel ekstrak etanol daun matoa tidak memenuhi syarat.

Tabel 3. Hasil Distribusi Ukuran Partikel

Ekstrak	Nilai PSA	Syarat Ukuran Nanopartikel	Keterangan
Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa	528,95 nm	1-1000 nm	Memenuhi Syarat
Ekstrak Etanol Daun Mtoa	2.20345 μ m	1-1000 nm	Tidak Memenuhi Syarat

Hasil Uji Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum

Hasil pengujian KHM dari ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* diperoleh bahwa ekstrak 0,78% sampai 6,25% memiliki nilai absorbansi yang meningkat dari sebelum dan sesudah inkubasi sedangkan absorbansi pada konsentrasi 12,5% sampai 100% memiliki nilai absorbansi menurun dari sebelum dan sesudah inkubasi. Nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* diperoleh bahwa ekstrak 0,078% - 0,625% memiliki nilai absorbansi yang meningkat dari sebelum dan sesudah inkubasi sedangkan absorbansi pada konsentrasi 1,25% - 10% memiliki nilai absorbansi menurun dari sebelum dan sesudah inkubasi. Konsentrasi terendah yang tidak mengalami peningkatan nilai absorbansi setelah inkubasi ditetapkan sebagai nilai KHM. Sehingga nilai KHM terdapat pada konsentrasi 12,5% pada ekstrak daun matoa dan 1,25% pada nanopartikel ekstrak etanol daun matoa. Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) perlu diketahui pada suatu ekstrak tanaman obat karena konsentrasi antibiotik terendah yang masih dapat menghambat pertumbuhan organisme tertentu [38].

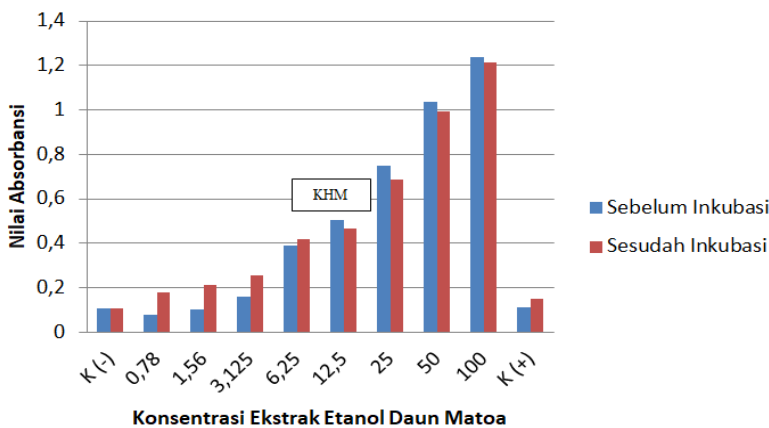
Hasil uji Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) menunjukkan bahwa pada konsentrasi 50% pada ekstrak etanol daun matoa dan 5% pada nanopartikel ekstrak etanol daun matoa tidak menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Penetapan nilai KBM dilakukan dengan melihat konsentrasi terkecil yang menunjukkan tidak adanya pertumbuhan bakteri pada media agar.

Hasil nilai absorbansi konsentrasi hambat minimum ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Absorbansi KHM Ekstrak etanol daun matoa Terhadap *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi Ekstrak Daun Matoa (%)	Hasil						Rata-rata		Ket	Ket
	Perlakuan I		Perlakuan II		Perlakuan III		t0	ta		
	t0	ta	t0	ta	t0	ta				
K (-)	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	Tetap	-
0,78	0,092	0,174	0,063	0,193	0,084	0,176	0,079	0,181	Naik	-
1,56	0,110	0,230	0,105	0,214	0,091	0,201	0,102	0,215	Naik	-
3,125	0,183	0,254	0,149	0,278	0,151	0,242	0,161	0,258	Naik	-
6,25	0,390	0,411	0,362	0,401	0,417	0,453	0,390	0,421	Naik	-
12,5	0,502	0,478	0,411	0,395	0,598	0,531	0,503	0,468	Turun	KHM
25	0,699	0,617	0,794	0,749	0,761	0,702	0,751	0,689	Turun	-
50	1,102	1,078	0,997	0,918	1,017	0,981	1,038	0,992	Turun	-
100	1,267	1,253	1,202	1,189	1,253	1,201	1,240	1,214	Turun	-
K (+)	0,114	0,149	0,114	0,149	0,114	0,149	0,114	0,149	Naik	-

Keterangan : t0 : Sebelum Inkubasi
 ta : Sesudah Inkubasi



Gambar 1. Grafik Nilai Absorbansi KHM Ekstrak Etanol Daun Matoa Terhadap *Staphylococcus aureus*

Hasil konsentrasi bunuh minimum ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Konsetrasi Bunuh Minimum Ekstrak Terhadap *Staphylococcus aureus*

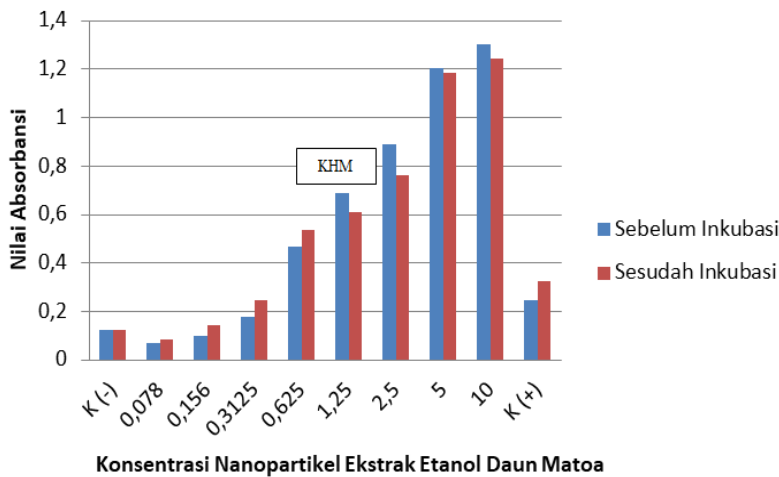
Konsentrasi (%)	Pertumbuhan Koloni	Keterangan
6,25	Tumbuh	-
12,5	Tumbuh	-
25	Tumbuh	-
50	Tidak Tumbuh	KBM

Hasil nilai absorbansi konsentrasi hambat minimum nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 4.1 Nilai Absorbansi KHM Nanopartikel Ekstrak etanol daun matoa Terhadap *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi Nanopartikel Ekstrak Daun Matoa (%)	Hasil						Rata-rata		Ket	Ket
	Perlakuan I		Perlakuan II		Perlakuan III		t0	ta		
	t0	ta	t0	ta	t0	ta				
K (-)	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	Tetap	-
0,078	0,084	0,97	0,071	0,086	0,055	0,074	0,070	0,085	Naik	-
0,156	0,126	0,2101	0,115	0,187	0,099	0,145	0,099	0,143	Naik	-
0,3125	0,154	0,237	0,132	0,221	0,254	0,327	0,180	0,249	Naik	-
0,625	0,476	0,542	0,573	0,644	0,355	0,423	0,468	0,536	Naik	-
1,25	0,685	0,627	0,621	0,599	0,765	0,702	0,690	0,608	Turun	KHM
2,5	0,907	0,879	0,795	0,738	0,962	0,920	0,888	0,762	Turun	-
5	1,242	1,213	1,183	1,176	1,190	1,167	1,205	1,185	Turun	-
10	1,287	1,236	1,220	1,201	1,396	1,299	1,301	1,245	Turun	-
K (+)	0,245	0,326	0,245	0,326	0,245	0,326	0,245	0,326	Naik	-

Keterangan : t0 : Sebelum Inkubasi
ta : Sesudah Inkubasi



Gambar 2. Grafik Nilai Absorbansi KHM Nanopartikel Ekstrak etanol daun matoa Terhadap *Staphylococcus aureus*

Hasil konsentrasi bunuh minimum nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Konsetrasi Bunuh Minimum Nanopartikel Ekstrak Terhadap *Staphylococcus aureus*

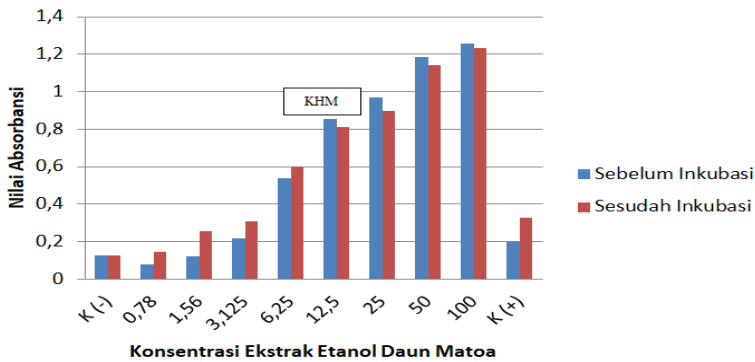
Konsentrasi (%)	Pertumbuhan Koloni	Keterangan
0,625	Tumbuh	-
1,25	Tumbuh	-
2,5	Tumbuh	-
5	Tidak Tumbuh	KBM

Hasil nilai absorbansi konsentrasi hambat minimum ekstrak etanol daun matoa terhadap *Escherichia coli* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai Absorbansi KHM Ekstrak etanol daun matoa Terhadap *Escherichia coli*

Konsentrasi Ekstrak Daun Matoa (%)	Hasil						Rata-rata		Ket	Ket
	Perlakuan I		Perlakuan II		Perlakuan III		t0	ta		
	t0	ta	t0	ta	t0	ta				
K (-)	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	Tetap	-
0,78	0,091	0,145	0,082	0,136	0,071	0,161	0,081	0,147	Naik	-
1,56	0,134	0,222	0,127	0,276	0,101	0,274	0,120	0,257	Naik	-
3,125	0,236	0,321	0,213	0,337	0,199	0,274	0,216	0,310	Naik	-
6,25	0,585	0,632	0,532	0,598	0,501	0,571	0,539	0,600	Naik	-
12,5	0,845	0,823	0,905	0,872	0,813	0,736	0,854	0,810	Turun	KHM
25	0,921	0,879	0,876	0,823	1,115	0,998	0,970	0,900	Turun	-
50	1,219	1,188	1,199	1,145	1,142	1,101	1,186	1,144	Turun	-
100	1,293	1,286	1,221	1,176	1,258	1,239	1,257	1,233	Turun	-
K (+)	0,198	0,327	0,198	0,327	0,198	0,327	0,198	0,327	Naik	-

Keterangan : t0 : Sebelum Inkubasi
ta : Sesudah Inkubasi



Gambar 3. Grafik Nilai Absorbansi KHM Ekstrak etanol daun matoa Terhadap *Escherichia coli*

Hasil konsentrasi bunuh minimum ekstrak etanol daun matoa terhadap *Escherichia coli* dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Konsetrasi Bunuh Minimum Ekstrak Terhadap *Escherichia coli*

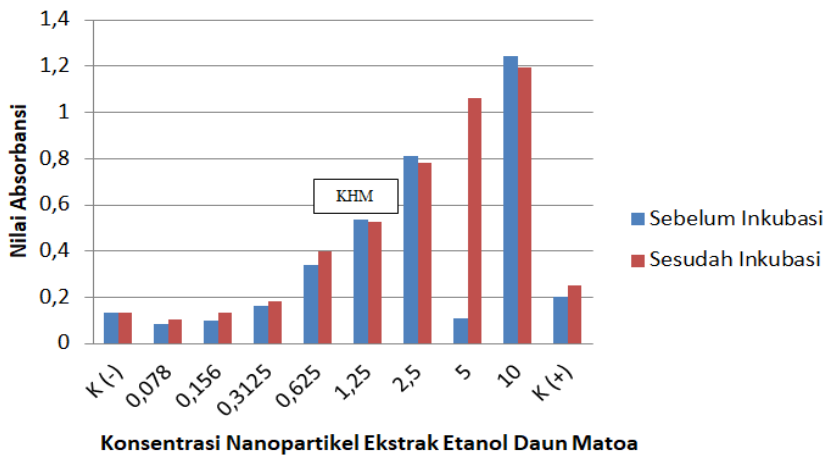
Konsentrasi (%)	Pertumbuhan Koloni	Keterangan
6,25	Tumbuh	-
12,5	Tumbuh	-
25	Tumbuh	-
50	Tidak Tumbuh	KBM

Hasil nilai absorbansi konsentrasi hambat minimum nanopartikel ekstrak etanol daun matoa dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 10. Nilai Absorbansi KHM Nanopartikel Ekstrak etanol daun matoa Terhadap *Escherichia coli*

Konsentrasi Ekstrak Daun Matoa (%)	Hasil						Rata-rata		Ket	Ket
	Perlakuan I		Perlakuan II		Perlakuan III		t0	ta		
	t0	ta	t0	ta	t0	ta			t0	ta
K (-)	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	Tetap	-
0,078	0,078	0,098	0,089	0,110	0,087	0,099	0,084	0,102	Naik	-
0,156	0,102	0,154	0,090	0,113	0,110	0,132	0,100	0,133	Naik	-
0,3125	0,165	0,187	0,175	0,192	0,153	0,173	0,164	0,184	Naik	-
0,625	0,301	0,389	0,392	0,435	0,325	0,367	0,339	0,397	Naik	-
1,25	0,502	0,498	0,621	0,599	0,493	0,478	0,538	0,525	Turun	KHM
2,5	0,720	0,701	0,893	0,845	0,821	0,797	0,811	0,781	Turun	-
5	1,115	1,098	1,102	0,992	1,113	1,100	0,110	1,063	Turun	-
10	1,246	1,198	1,172	1,103	1,310	1,287	1,242	1,196	Turun	-
K (+)	0,201	0,254	0,201	0,254	0,201	0,254	0,201	0,254	Naik	-

Keterangan :
 t0 : Sebelum Inkubasi
 ta : Sesudah Inkubasi



Gambar 4. Grafik Nilai Absorbansi KHM Nanopartikel Ekstrak etanol daun matoa Terhadap *Escherichia coli*

Hasil nilai konsentrasi bunuh minimum nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap *Escherichia coli* dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 11.2 Konsentrasi Bunuh Minimum Nanopartikel Ekstrak Terhadap *Escherichia coli*

Konsentrasi (%)	Pertumbuhan Koloni	Keterangan
0,625	Tumbuh	-
1,25	Tumbuh	-
2,5	Tumbuh	-
5	Tidak Tumbuh	KBM

Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Dan Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa Dan Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli*

Hasil pengukuran diameter daya hambat ekstrak etanol daun matoa terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada tabel 12.

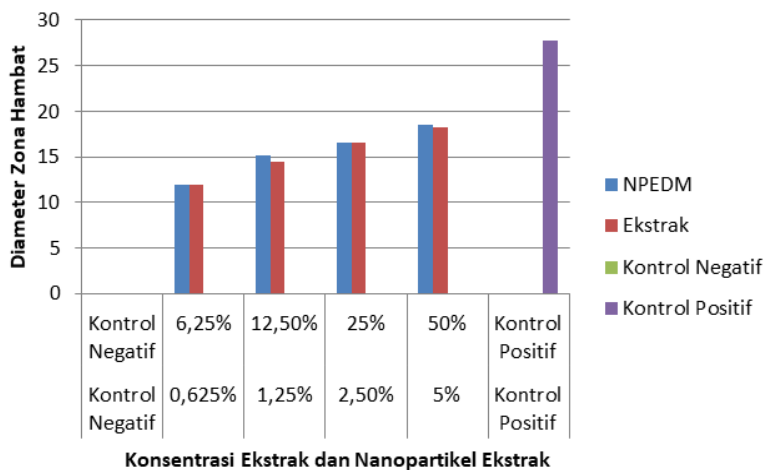
Tabel 12. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak etanol daun matao Terhadap *Staphylococcus aureus*

No	Ekstrak Etanol Daun Matao (%)	Zona Hambat (mm)			Rata-rata (mm)	Keterangan
		Replikasi				
		1	2	3		
1	Kontrol (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	Resisten
2	6,25	12,1	11,8	12,3	12,0	Resisten
3	12,5	14,3	14,4	14,7	14,5	Intermediet
4	25	16,3	16,9	16,5	16,5	Intermediet
5	50	18,2	18,6	18,1	18,3	Sensitif
6	Kontrol (+)	26,7	27,2	27,3	27,1	Sensitif

Hasil pengukuran diameter daya hambat nanopartikel ekstrak etanol daun matao terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13.3 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak etanol daun matao Terhadap *Staphylococcus aureus*

No	Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matao (%)	Zona Hambat (mm)			Rata-rata (mm)	Keterangan
		Replikasi				
		1	2	3		
1	Kontrol (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	Resiten
2	0,625	12,2	11,8	11,9	11,9	Resisten
3	1,25	15,2	15,4	15,1	15,2	Intermediet
4	2,5	16,7	16,1	17,2	16,6	Intermediet
5	5	18,5	18,1	19,1	18,5	Sensitif
6	Kontrol (+)	19,1	26,8	27,3	27,7	Sensitif



Gambar 5. Grafik zona hambat ekstrak dan nanopartikel ekstrak etanol daun matao terhadap *Staphylococcus aureus*

Hasil pengukuran diameter daya hambat ekstrak etanol daun matao terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* dapat dilihat pada tabel 14.

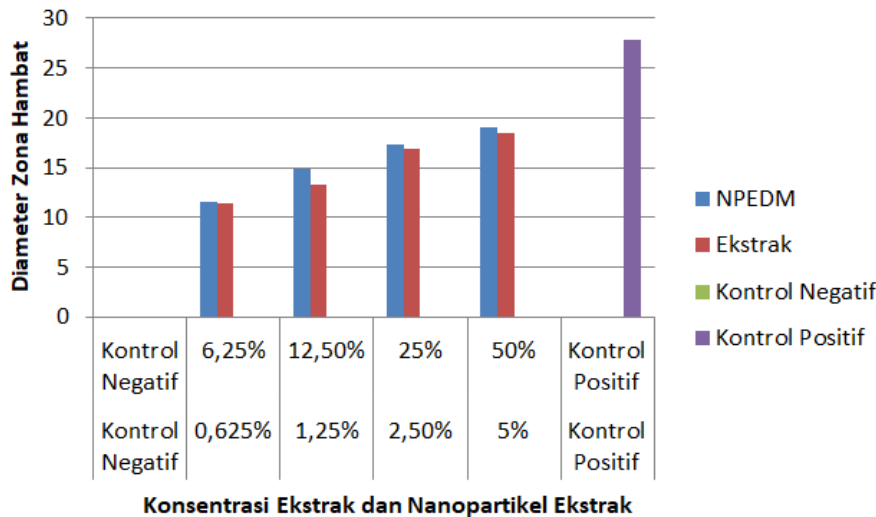
Tabel 14. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Matoa Terhadap *Escherichia coli*

No	Ekstrak Etanol Daun Matoa (%)	Zona Hambat (mm)			Rata-rata (mm)	Keterangan
		Replikasi				
		1	2	3		
1	Kontrol (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	Resiten
2	6,25	10,9	12,1	11,2	11,4	Resisten
3	12,5	13,3	13,7	13,1	13,3	Intermediet
4	25	17,1	17,3	16,5	16,9	Intermediet
5	50	18,5	18,5	18,2	18,4	Sensitif
6	Kontrol (+)	27,7	18,2	27,5	27,8	Sensitif

Hasil pengukuran diameter daya hambat nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak etanol daun matoa Terhadap *Escherichia coli*

No	Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa (%)	Zona Hambat (mm)			Rata-rata (mm)	Keterangan
		Replikasi				
		1	2	3		
1	Kontrol (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	Resiten
2	0,625%	11,9	11,9	11,1	11,6	Resisten
3	1,25%	14,8	15,1	14,9	14,9	Intermediet
4	2,5%	17,6	17,3	17,1	17,3	Intermediet
5	5%	19,2	19,5	18,6	19,0	Sensitif
6	Kontrol (+)	25,9	28,2	27,3	27,7	Sensitif



Gambar 6. Grafik zona hambat ekstrak dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap *Escherichia coli*

Hasil pengujian aktivitas antibakteri pada tabel 12, 13, 14 dan 15 menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun matoa dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Perbedaan aktivitas antibakteri antara ekstrak dan nanopartikel ekstrak dapat dilihat pada gambar 1. Daya hambat yang terbentuk merupakan daerah bening yang berada di sekitar kertas cakram dan tidak terdapat pertumbuhan koloni dari bakteri. Hasil pengujian aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* diperoleh nilai Zone of Inhibition (ZOI) sebesar 12 mm (konsentrasi 6,25%), 14,5 mm (konsentrasi 12,5%), 16,5 mm (konsentrasi 25%) dan 18,3 mm (konsentrasi 50%). Hasil pengujian aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun matoa terhadap *Escherichia coli* diperoleh nilai Zone of Inhibition (ZOI) sebesar 11,4 mm (konsentrasi 6,25%), 13,3 mm (konsentrasi 12,5%), 16,9 mm (konsentrasi 25%) dan 18,4 mm (konsentrasi 50%). Sedangkan Hasil pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel ekstrak

etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* diperoleh nilai *Zone of Inhibition* (ZOI) sebesar 11,9 mm (konsentrasi 0,625%), 15,2 mm (konsentrasi 1,25%), 16,6 mm (konsentrasi 2,5%) dan 18,5 mm (konsentrasi 5%). Hasil pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap *Escherichia coli* diperoleh nilai *Zone of Inhibition* (ZOI) sebesar 11,1 mm (konsentrasi 0,625%), 14,9 mm (konsentrasi 1,25%), 17,3 mm (konsentrasi 2,5%) dan 19,0 mm (konsentrasi 5%). Hasil antibakteri ekstrak dan nanopartikel ekstrak menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasinya maka daya hambat yang diperoleh akan semakin besar.

Daya hambat antibakteri terbesar diperoleh pada konsentrasi ekstrak etanol daun matoa pada konsentrasi 50% terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Daya hambat antibakteri terbesar diperoleh konsentrasi nanopartikel ekstrak etanol daun matoa pada konsentrasi 5% terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Dalam Gunawan & Rahayu (2021) menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak tumbuhan yang memiliki senyawa antibakteri, maka daya hambat yang diperoleh semakin besar [39]. Demikian juga dalam Rahayu *et al.* (2021) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak tanaman maka diameter daerah hambat yang diperoleh akan semakin besar [40].

Berdasarkan *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI), USA standar interpretasi diameter zona hambat suatu senyawa antibakteri dengan pembandingan antibiotik kloramfenikol terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* yaitu diameter zona hambat ≥ 18 mm (susceptible) atau sensitif, 13-17 mm (intermediate), dan ≤ 12 mm (resistant) [41]. Maka hasil pengujian menunjukkan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* terhadap ekstrak daun matoa dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terdapat konsentrasi tergolong sensitif dan intermediate.

Kontrol positif menggunakan kertas cakram berisi antibiotik amoksisilin 30 μ g menghasilkan diameter zona hambat yaitu 27,8 mm terhadap *Escherichia coli* dan 27,1 mm terhadap *Staphylococcus aureus* yang menunjukkan bahwa *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* tergolong *susceptible* (sensitif) terhadap antibiotik kloramfenikol [41].

Ekstrak etanol daun matoa dapat dijadikan nanopartikel ekstrak, dimana dengan konsentrasi nanopartikel ekstrak 5% sudah memiliki kemampuan aktivitas antibakteri yang mendekati konsentrasi ekstrak etanol 50%, sehingga dapat dikatakan bahwa sediaan nanopartikel ekstrak dapat memperkecil dosis suatu obat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui daya hambat antibakteri ekstrak etanol daun matoa dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa efektif terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dengan terbentuknya zona hambat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi yang digunakan maka luas zona hambatnya semakin luas. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak etanol daun matoa dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa maka semakin banyak kandungan antibakteri yang terkandung didalamnya dan akan memiliki kemampuan lebih besar dalam menghambat *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Perbedaan diameter zona hambat antara ekstrak etanol daun matoa dengan antibiotik yang digunakan karena ekstrak masih merupakan ekstrak kasar yang memiliki banyak senyawa lain sehingga memengaruhi kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan bakteri [42]. Nanopartikel ekstrak dapat memperkecil dosis suatu obat karena pada konsentrasi yang kecil hampir setara zona hambatnya dengan ekstrak yang konsentrasinya lebih besar. Penyebab terjadinya hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan ukuran partikel. Nanopartikel memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga lebih efektif menembus dinding sel bakteri dan menghambat pertumbuhan bakteri [43].

Kontrol negatif yang digunakan adalah dimetil sulfoksida (DMSO). DMSO merupakan salah satu pelarut sampel yang dapat melarutkan hampir semua senyawa baik polar maupun non-polar. Selain itu, DMSO tidak memberikan zona hambat terhadap pertumbuhan bakteri sehingga tidak mengganggu hasil pengamatan [44]. Kontrol positif (kloramfenikol 30 μ g) sebagai pembandingan menghasilkan zona hambat paling besar karena kloramfenikol merupakan antibiotik spektrum luas yang dapat menghambat bakteri gram positif dan negatif. Mekanisme kloramfenikol dalam menghambat bakteri dengan bergabung pada subunit-subunit ribosom, sehingga mencegah bergabungnya asam amino menjadi protein sehingga sintesis protein terganggu bahkan tidak berlangsung. Hal tersebut mengakibatkan kematian sel bakteri. Antibiotik dengan mekanisme mengganggu sintesis protein memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi [45,46].

Kemampuan daya hambat aktivitas antibakteri ekstrak dan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa pada penelitian ini berasal dari kandungan senyawa aktif di dalamnya dan tergantung jenis bakteri yang akan diuji. Menurut Rahayu *et al.*, (2022) kemampuan antibakteri suatu ekstrak tanaman bergantung pada jenis tanaman dan kandungan senyawa metabolit yang terdapat pada tanaman tersebut, serta jenis bakteri yang diuji [47].

Ekstrak etanol daun matoa mengandung senyawa flavonoid, saponin, steroid tanin, dan alkaloid. Senyawa-senyawa metabolit sekunder tersebut memiliki mekanisme masing-masing dalam menghambat atau membunuh bakteri *S. aureus*. Mekanisme kerja fenol yaitu dengan cara meningkatkan permeabilitas membran sitoplasma sehingga menyebabkan kebocoran komponen intraseluler dan koagulasi sitoplasma sehingga terjadi lisis sel [48]. Senyawa fenol merupakan antibakteri yang bersifat bakterisidal. Senyawa fenol memiliki aktivitas antimikroba berspektrum luas terhadap bakteri Gram positif dan Gram negatif sehingga senyawa fenol secara intensif dapat digunakan sebagai desinfektan [49]. Mekanisme kerja flavonoid sebagai antibakteri yaitu membentuk senyawa kompleks dengan protein ekstraseluler dan terlarut sehingga dapat merusak membran sel bakteri yang diikuti dengan keluarnya senyawa intraseluler [50].

Mekanisme kerja steroid sebagai antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri berhubungan dengan membran lipid dan sensitivitas terhadap komponen steroid yang menyebabkan kebocoran pada liposom bakteri [51]. Steroid dapat berinteraksi dengan membran fosfolipid sel yang bersifat permeabel terhadap senyawa-senyawa lipofilik sehingga menyebabkan integritas membran menurun serta morfologi membran sel berubah menyebabkan sel rapuh dan lisis [52].

Mekanisme kerja saponin sebagai antibakteri yaitu dengan mendanaturasi protein. Karena zat aktif permukaan saponin mirip deterjen maka saponin dapat digunakan sebagai antibakteri dimana tegangan permukaan dinding sel bakteri akan diturunkan dan permeabilitas membran bakteri dirusak [53]. Senyawa alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri dengan cara mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel tersebut. Selain itu, alkaloid juga menghambat pembentukan sintesis protein sehingga dapat mengganggu metabolisme bakteri [54]. Golongan senyawa alkaloid dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram positif maupun gram negatif [55].

Ekstrak etanol daun matoa

Hasil uji normalitas pada ekstrak daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* diketahui nilai p (Sig.) $0,363 > 0,05$ dan $0,463 > 0,05$ maka H_0 diterima data berdistribusi normal. Sehingga data dalam penelitian ini berasal dari populasi dalam sebaran yang normal dan dapat dilakukan pengujian statistik parametrik *one way* anova. Hasil homogenitas ekstrak etanol daun matoa memiliki nilai Sig. $0,137 \geq 0,05$ dan $0,028 \geq 0,05$, maka berdasarkan kriteria pengambilan keputusan dalam uji homogenitas di atas H_0 diterima yang berarti varians kelompok tidak berbeda secara signifikan sehingga bermakna varians kelompok data yang dibandingkan adalah homogen.

Data ANOVA diameter zona hambat ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menunjukkan nilai Sig. Sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti bahwa terdapat perbedaan signifikan pemberian varian konsentrasi ekstrak etanol daun matoa terhadap aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Selanjutnya, untuk melihat kesamaan rata-rata varian konsentrasi ekstrak etanol terhadap aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* digunakan uji lanjut (*Post-Hoc*) Duncan. Hasil yang didapatkan konsentrasi ekstrak 6,25%, 12,5% dan 25% dan 50% berada pada kolom yang berbeda maka tiap perlakuan memiliki efek yang berbeda (signifikan) terhadap variabel dependen.

Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa

Hasil uji normalitas pada nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* diketahui nilai p (Sig.) $0,780 > 0,05$ dan $0,637 > 0,05$ maka H_0 diterima data berdistribusi normal. Sehingga data dalam penelitian ini berasal dari populasi dalam sebaran yang normal dan dapat dilakukan pengujian statistik *one way* anova. Hasil homogenitas nanopartikel ekstrak etanol daun matoa memiliki nilai Sig. $0,011 \geq 0,05$ dan $0,010$, maka berdasarkan kriteria pengambilan keputusan dalam uji homogenitas di atas H_0 diterima yang berarti varians kelompok tidak berbeda secara signifikan sehingga bermakna varians kelompok data yang dibandingkan adalah homogen.

Data ANOVA diameter zona hambat nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menunjukkan nilai Sig. Sebesar $0,000 < 0,05$ yang dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pemberian varian konsentrasi nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terhadap aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Selanjutnya, untuk melihat kesamaan rata-rata varian konsentrasi nanopartikel ekstrak etanol terhadap aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* digunakan uji lanjut (*Post-Hoc*) Duncan. Hasil yang didapat dari kontrol positif, kontrol negatif, konsentrasi nanopartikel ekstrak 6,25%, 12,5% dan 25% dan 50% berada pada kolom yang berbeda maka tiap perlakuan memiliki efek yang berbeda (signifikan) terhadap variabel dependen.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, nanopartikel ekstrak etanol daun matoa menunjukkan efektivitas yang lebih baik dibandingkan ekstrak etanol biasa dalam menghambat dan membunuh bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) nanopartikel ekstrak etanol daun matoa 1,25% lebih efektif daripada ekstrak etanol daun matoa 12,5%, sedangkan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) nanopartikel ekstrak etanol daun matoa 5% lebih unggul dibandingkan ekstrak etanol daun matoa 50%. Selain itu, nanopartikel ekstrak etanol daun matoa 5% memiliki kemampuan antibakteri yang setara dengan ekstrak etanol daun matoa 50%, dengan kategori sensitif terhadap kedua bakteri uji. Dengan demikian, nanopartikel ekstrak etanol daun matoa terbukti dapat menurunkan dosis senyawa antibakteri hingga sepuluh kali lipat (1:10), menunjukkan efektivitas yang lebih besar dalam konsentrasi yang lebih rendah. Hal ini menjadikan nanopartikel ekstrak etanol daun matoa lebih efisien dalam penggunaan bahan aktif tanpa mengurangi efektivitasnya. Dengan demikian, nanopartikel ekstrak etanol daun matoa berpotensi sebagai alternatif antibakteri yang lebih efektif dan efisien.

Conflict of Interest

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara otonom dan tidak memihak, dengan memastikan tidak adanya keterlibatan kepentingan pihak eksternal atau pengaruh faktor luar yang berpotensi mengurangi akurasi serta kredibilitas hasil yang diperoleh.

Acknowledgment

Keberhasilan penelitian ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah Medan atas fasilitas dan infrastruktur penelitian, termasuk akses laboratorium terpadu serta bantuan teknis yang menjamin kelancaran dan validitas penelitian. Apresiasi juga disampaikan kepada semua pihak yang turut mendukung pelaksanaan studi ini.

Supplementary Materials

Referensi

- [1] Rollando S. Senyawa Antibakteri Dari Fungi Endofit. Puntadewa; 2019.
- [2] Becker K, Heilmann C, Peters G. Coagulase-negative staphylococci. Clin Microbiol Rev 2014;27:870–926.
- [3] Hamzah H, Siregar KAAK, Nurwijayanto A, Wahyuningrum R, Sari S. Effectiveness of Oxalis corniculata L. ethanol extract against mono-species of biofilm Staphylococcus aureus. Borneo J Pharm 2021;4:184–91.
- [4] Rosdianti Y, Limbong RJ. Hak-hak Disabilitas di Simpang Jalan: Menyoal Pelindungan Hak Atas Kesehatan di Tengah Pandemi COVID-19. Masy Indones 2021;47:13–30.
- [5] Mulyani Y, Hasimun P, Sumarna R. Kajian Etnofarmakologi Pemanfaatan Tanaman Obat Oleh Masyarakat Di Kecamatan Dawuan Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat: Ethnopharmacology Study of utilization medicinal plant by Society in Dawuan sub-district Subang Regency West Java Province. J Farm Galen 2020;295839.
- [6] Fitri D, Kiromah NZW, Widiastuti TC. Formulasi Dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Pada Berbagai Variasi Komposisi Kitosan Dengan Metode Gelasi Ionik. JPSCR J Pharm Sci Clin Res 2020;5:61. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v5i1.39269>.
- [7] Wulandari L, Nugraha AS, Himmah UA. Penentuan aktivitas antioksidan dan antidiabetes ekstrak daun matoa (*Pometia pinnata* JR Forst. & G. Forst.) secara In Vitro 2021.
- [8] Rossalinda R, Wijayanti F, Iskandar D. Effectiveness of Matoa Leaf (*Pometia pinnata*) Extract as an Antibacterial *Staphylococcus epidermidis*. Stannum J Sains Dan Terap Kim 2021;3:1–8. <https://doi.org/10.33019/jstsk.v3i1.2133>.

- [9] Sidoretno WM, Gustari M. Aktivitas Antijamur Ekstrak Etanol Daun Matoa (*Pometia pinnata* JR & G. Forst) terhadap Pertumbuhan Jamur *Trichophyton mentagrophytes*. *Phot J Nat Sci Technol* 2021;11:137–48.
- [10] Hehakaya MO, Edy H, Siampa J. Formulasi dan uji aktivitas antioksidan sediaan body scrub ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*). *Pharmacon* 2022;11.
- [11] Sutriningsih S. Formulasi Sediaan Kosmetik Krim dari Ekstrak Daun Matoa (*Pometia Pinnata*) dan Uji Aktivitas Antioksidan. *Indones Nat Res Pharm J* 2018;3:44–55.
- [12] Depkes RI. *Farmakope Herbal Indonesia*. Jakarta Dep Kesehat Republik Indones 2008.
- [13] Indonesia DK. *Farmakope Indonesia Edisi III*. 1979.
- [14] Hadiq S, Yulianti T. *Skrining Fitokimia Ekstrak Metanol Daun Pandan Wangi (Pandanus amarillyfolius Roxb)* 2023.
- [15] Dirjen POM. *Farmakope Indonesia Edisi. IV*. Jakarta: Depkes RI; 1995.
- [16] Depkes RI. *Materia Medika Indonesia Jilid V*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia; 1989.
- [17] Azzahra H, Shalihah F, Aeniah S, Rahmawati IP, Ningrum PTA, Wardani SF, et al. Anti-Dandruff Shampoo Formulation from Rambutan Leaf Extract (*Nephelium lappaceum* L.) as Antifungal *Malassezia furfur*. *JPKP (Jurnal Kim Dan Pendidik Kim n.d.)*;8:114–27.
- [18] Firmansyah F. Isolasi Dan Uji Aktivitas Fungi Endofit Batang Beluntas (*Pluchea indica* L) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* Dan *Candida albicans*. *J Kesehat Yamsi Makassar* 2019;3.
- [19] Natasya B. Pembuatan Nanopartikel dari Ekstrak Etanol Daun Srikaya (*Annona Squamosa* L.) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* 2018.
- [20] KURNIASARI MDWI. Aplikasi Low Level Laser Therapy (LLLT) dengan gold nanoparticle sebagai Eksogen Fotosensitizer Untuk Menghilangkan Karies Gigi 2016.
- [21] Fahira N, Rahayu YP, Nasution HM, Nasution MP. Uji aktivitas antibakteri nanopartikel ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata* J . R Forst & G . Forst) terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. *J Ris Kefarmasian Indones* 2023;5:100–19.
- [22] Sutthanont N, Attrapadung S, Nuchprayoon S. Larvicidal activity of synthesized silver nanoparticles from *Curcuma zedoaria* essential oil against *Culex quinquefasciatus*. *Insects* 2019;10:27.
- [23] Sari ZAA, Febriawan R. Perbedaan hasil uji aktivitas antibakteri metode Well Diffusion dan Kirby Bauer terhadap pertumbuhan bakteri. *J Med Hutama* 2021;2:1156–62.
- [24] Sari PE, Handayani IA, KF SL, Saranita A. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 70% Kulit Pisang Kepok Kuning (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*) dengan Metode Ekstraksi Sokhletasi. *Maj Farm* 2023;19:19–23.
- [25] Hudzicki J. Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *Am Soc Microbiol* 2009;15:1–23.
- [26] Maryam F, Taebe B, Toding DP. Pengukuran parameter spesifik dan non spesifik ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata* JR & G. Forst). *J Mandala Pharmacon Indones* 2020;6:1–12.
- [27] Sutomo S, Hasanah N, Arnida A, Sriyono A. Standardisasi simplisia dan ekstrak daun matoa (*Pometia pinnata* JR Forst & G. Forst) asal Kalimantan Selatan. *J Pharmascience* 2021;8:101–10.
- [28] Depkes RI. *Materia Medika*. 1989.
- [29] Jeffrey B Harborne. *Metode Fitokimia : Penuntun Cara Modern menganalisis tumbuhan* 1987.
- [30] Harborne AJ. *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. springer science & business media; 1998.
- [31] Robinson T. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. 1995. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2010.80>.
- [32] Hanani E. *Analisis Fitokimia*. Jakarta: EGC; 2015.
- [33] Depkes RI J. *Farmakope Indonesia Edisi III* 1979.
- [34] Bhumkar DR, Pokharkar VB. Studies on effect of pH on cross-linking of chitosan with sodium tripolyphosphate: a technical note. *Aaps Pharmscitech* 2006;7:E138–43.
- [35] Martien R, Adhyatmika A, Irianto IDK, Farida V, Sari DP. Perkembangan teknologi nanopartikel sebagai sistem penghantaran obat. *Maj Farm* 2012;8:133–44.
- [36] Kafshgari MH, Khorram M, Khodadoost M, Khavari S. Reinforcement of chitosan nanoparticles obtained by an ionic cross-linking process. *Iran Polym J* 2011;20:445–56.
- [37] Putri AI, Sundaryono A, Chandra IN. Karakterisasi nanopartikel kitosan ekstrak daun ubijalar (*Ipomoea batatas* L.) menggunakan metode gelas ionik. *Alotrop* 2018;2.
- [38] Saputera MMA, Marpaung TWA, Ayuchecaria N. Konsentrasi hambat minimum (KHM) kadar ekstrak etanol batang bajakah tampala (*Spatholobus Littoralis Hassk*) terhadap bakteri *Escherichia coli* melalui metode sumuran. *J Ilm Manuntung* 2019;5:167–73.

- [39] Gunawan H, Rahayu YP. Uji Aktivitas Antibakteri Formulasi Sediaan Pasta Gigi Gel Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp) Terhadap *Streptococcus mutans*. *FARMASAINKES J Farm Sains, Dan Kesehat* 2021;1:56–67.
- [40] Rahayu YP, Lubis MS, Mutti-in K. Formulasi Sediaan Sabun Cair Antiseptik Ekstrak Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) Dan Uji Efektivitas Antibakterinya Terhadap *Staphylococcus aureus*. *Pros. Semin. Nas. Has. Penelit.*, vol. 4, 2021, p. 373–88.
- [41] Humphries R, Bobenchik AM, Hindler JA, Schuetz AN. Overview of changes to the clinical and laboratory standards institute performance standards for antimicrobial susceptibility testing, M100. *J Clin Microbiol* 2021;59:10–1128.
- [42] Muharni M, Fitrya F, Farida S. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol tanaman obat suku Musi di kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. *J Kefarmasian Indones* 2017:127–35.
- [43] Wirawan D, Rahmat D. Formulasi Nanopartikel Ekstrak Temu Lawak Berbasis Kitosan Sebagai Antijerawat. *Med Sains J Ilm Kefarmasian* 2019;3:153–8.
- [44] Suryani N, Nurjanah D, Indriatmoko DD. Aktivitas antibakteri ekstrak batang kecombrang (*Etilingera elatior* (Jack) RM Sm.) terhadap bakteri plak gigi *Streptococcus mutans*. *J Kartika Kim* 2019;2:23–9.
- [45] Pelczar MJ. *Dasar-dasar mikrobiologi* 2019.
- [46] Pelczar MJ, Chan ECS. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.; 1988.
- [47] Rahayu YP, Sirait US. Formulasi Sediaan Obat Kumur (Mouthwash) Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp.) Dan Uji Antibakterinya Terhadap *Streptococcus mutans* Secara In Vitro. *Pros. Semin. Nas. Has. Penelit.*, vol. 5, 2022, p. 370–9.
- [48] Sudarmi K, Darmayasa IBG, Muksin IK. Uji fitokimia dan daya hambat ekstrak daun juwet (*Syzygium cumini*) terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* ATCC. *J Symbiosis* 2017;5:47–51.
- [49] Putra SHJ, Sawu E. Mortalitas Kutu Rambut (*Pediculus humanus*) Pasca Treatment Larutan Daun Kirinyuh (*Chromolena odorata*). *Justek J Sains Dan Teknol* 2022;5:442–9.
- [50] Dwidjoseputro D. *Dasar-dasar mikrobiologi* 2019.
- [51] Madduluri S, Rao KB, Sitaram B. In vitro evaluation of antibacterial activity of five indigenous plants extract against five bacterial pathogens of human. *Int J Pharm Pharm Sci* 2013;5:679–84.
- [52] Sapara TU. Efektivitas antibakteri ekstrak daun pacar air (*impatiens balsamina* l.) terhadap pertumbuhan *porphyromonas gingivalis*. *Pharmacon* 2016;5.
- [53] Smulek W, Kaczorek E. Factors influencing the bioavailability of organic molecules to bacterial cells—a mini-review. *Molecules* 2022;27:6579.
- [54] Wan X-F, Wang S, Kang C-Z, Lyu C-G, Guo L-P, Huang L-Q. Chinese medicinal materials industry during the 14th Five-Year Plan period: Trends and development suggestions. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi= Zhongguo Zhongyao Zazhi= China J Chinese Mater Medica* 2022;47:1144–52.
- [55] Jing W, Xiaolan C, Yu C, Feng Q, Haifeng Y. Pharmacological effects and mechanisms of tannic acid. *Biomed Pharmacother* 2022;154:113561. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113561>.