

Minimum Inhibitory Concentration and Minimum Killing Concentration of Cabbage Leaf Ethanol Extract and Nanoparticles (*Brassica oleracea* L.) Against *Malassezia furfur*

Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum Ekstrak dan Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Kubis (*Brassica oleracea* L.) Terhadap *Malassezia furfur*

Intan Maya Rafika ^a, Yayuk Putri Rahayu ^{a*}, Haris Munandar Nasution ^a, Dikki Miswanda ^a

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

*Corresponding Authors: yayukputri@umnaw.ac.id

Abstract

Background: Dandruff is a condition characterized by excessive shedding of dead skin cells on the scalp, often accompanied by itching and inflammation. The causes of dandruff can be related to excessive secretion of sweat glands or the presence of microorganisms on the scalp that produce specific metabolites that trigger dandruff formation. The organism believed to be the leading cause of dandruff is *Malassezia furfur*. Treatment for dandruff can be done through various methods, one of which is using natural extracts, such as ethanol cabbage extract, known for its antifungal properties. In this study, the ethanol cabbage extract will be synthesized into nanoparticle form to enhance its effectiveness. **Objective:** The objective of this study is to create nanoparticles from ethanol cabbage extract and to compare the antifungal activity of the cabbage extract and the nanoparticle extract of cabbage against *Malassezia furfur*, focusing on the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum fungicidal concentration (MFC). **Method:** This study was conducted experimentally, and two variables were tested. The independent variables included the concentration of cabbage extract (6.25%, 12.5%, 25%, and 50%) and nanoparticle cabbage extract (0.625%, 1.25%, 2.5%, and 5%). The dependent variables were the antifungal activity measured by MIC and MFC tests against *Malassezia furfur*. Nanoparticles were synthesized using the top-down method with high-speed homogenization (HSH) technique. The particle size characterization was performed using a Particle Size Analyzer (PSA). **Results:** Particle size characterization showed that the particle size of cabbage extract was 2203.45 nm, while the nanoparticle size after synthesis was 408.33 nm. Based on the MIC and MFC tests, it was found that the nanoparticle ethanol cabbage extract at a concentration of 1.25% was more effective than the ethanol cabbage extract at 12.5%. Additionally, the MFC value of the nanoparticle ethanol cabbage extract at a concentration of 5% was more effective than that of the ethanol cabbage extract at 50%. Both preparations demonstrated good sensitivity against *Malassezia furfur*. **Conclusion:** Nanoparticle ethanol cabbage extract showed better antifungal activity than the ethanol cabbage extract at higher concentrations. These results indicate that using nanoparticles can reduce the required dosage to achieve optimal effectiveness, thus improving the efficiency of the drug in dandruff treatment.

Keywords: *Malassezia furfur*, *Brassica oleracea* L., Nanoparticles, Minimum Inhibitory Concentration, Minimum Kill Concentration.

Abstrak

Latar Belakang : Ketombe merupakan gangguan yang ditandai dengan pengelupasan kulit mati secara berlebihan pada kulit kepala, yang sering kali disertai dengan rasa gatal dan peradangan. Penyebab utama ketombe bisa terkait dengan sekresi kelenjar keringat yang berlebihan atau adanya mikroorganisme pada kulit kepala yang menghasilkan metabolit tertentu yang memicu terbentuknya ketombe. Mikroorganisme yang

diduga berperan sebagai penyebab utama ketombe adalah *Malassezia furfur*. Pengobatan ketombe dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan penggunaan ekstrak alami, seperti ekstrak etanol kubis, yang diketahui memiliki sifat antijamur. Dalam penelitian ini, ekstrak etanol kubis akan disintesis menjadi bentuk nanopartikel untuk meningkatkan efektivitasnya. **Tujuan** : Penelitian ini bertujuan untuk membuat nanopartikel dari ekstrak etanol kubis dan untuk membandingkan aktivitas antijamur dari ekstrak kubis dan nanopartikel ekstrak kubis terhadap *Malassezia furfur*, dengan fokus pada nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM). **Metode** : Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan dua variabel yang diuji. Variabel bebas berupa konsentrasi ekstrak kubis (6,25%, 12,5%, 25%, dan 50%) dan konsentrasi nanopartikel ekstrak kubis (0,625%, 1,25%, 2,5%, dan 5%). Variabel terikat adalah aktivitas antijamur yang diukur dengan menggunakan uji KHM dan KBM terhadap *Malassezia furfur*. Nanopartikel disintesis menggunakan metode *top down* dengan teknik *high-speed homogenization* (HSH). Karakterisasi ukuran nanopartikel dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA). **Hasil** : Karakterisasi ukuran partikel menunjukkan bahwa ukuran partikel ekstrak kubis adalah 2203,45 nm, sementara nanopartikel hasil sintesis berukuran 408,33 nm. Berdasarkan uji KHM dan KBM, ditemukan bahwa nanopartikel ekstrak etanol daun kubis dengan konsentrasi 1,25% memiliki aktivitas yang lebih baik dibandingkan ekstrak etanol daun kubis pada konsentrasi 12,5%. Selain itu, nilai KBM nanopartikel ekstrak etanol daun kubis pada konsentrasi 5% juga lebih efektif dibandingkan dengan ekstrak etanol daun kubis pada konsentrasi 50%. Kedua sediaan menunjukkan kategori sensitivitas yang baik terhadap *Malassezia furfur*. **Kesimpulan** : Nanopartikel ekstrak etanol daun kubis menunjukkan aktivitas antijamur yang lebih efektif dibandingkan ekstrak etanol daun kubis pada konsentrasi yang lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan nanopartikel dapat mengurangi dosis yang diperlukan untuk mencapai efektivitas yang optimal, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan obat dalam pengobatan ketombe.

Kata Kunci: *Malassezia furfur*, *Brassica oleracea L.*, Nanopartikel, Konsentrasi Hambat Minimum, Konsentrasi Bunuh Minimum.



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/)

<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i2.874>

Article History:

Received: 03/02/2025,
Revised: 25/05/2025
Accepted: 25/05/2025
Available Online: 26/05/2025

QR access this Article



Pendahuluan

Rambut merupakan tambahan pada kulit kepala yang memberikan kehangatan, perlindungan dan keindahan. Rambut juga terdapat diseluruh tubuh, kecuali telapak tangan, telapak kaki dan bibir. Jenis- jenis kosmetik yang digunakan pada kulit kepala yaitu dalam bentuk sediaan *hair tonic* gel penumbuh rambut, pelembab rambut, masker rambut dan sampo. Tidak sedikit terjadi permasalahan pada rambut, salah satunya yaitu ketombe [1]. Ketombe adalah salah satu gangguan berupa pengelupasan kulit mati secara berlebihan di kulit kepala, kadang disertai pula dengan pruritus (gatal-gatal) dan peradangan. Penyebab ketombe dapat berupa sekresi kelenjar keringat yang berlebihan atau adanya peranan mikroorganisme di kulit kepala yang menghasilkan suatu metabolit yang dapat menginduksi terbentuknya ketombe di kulit kepala, mikroorganisme yang diduga sebagai penyebab utama ketombe adalah *Pityrosporum ovale* (*P.Ovale*) atau *Malassezia furfur*. Jamur ini sebenarnya merupakan flora normal di kulit kepala, namun pada kondisi rambut dengan kelenjar minyak berlebih, jamur ini dapat tumbuh dengan subur [1].

Malassezia furfur, merupakan jamur utama penyebab ketombe, dapat tumbuh pada kondisi khusus seperti suhu, kelembapan, kandungan minyak tinggi, dan faktor kekebalan tubuh yang rendah. *Malassezia furfur* adalah mikroorganisme yang didiagnosis sebagai penyebab ketombe. *Malassezia furfur* merupakan

mikroflora alami pada kulit kepala, namun pada kasus rambut dengan kelenjar sebaceous berlebih, jamur ini dapat tumbuh berlebihan dan menyebabkan ketombe [2].

Kubis bunga (*Brassica oleracea* L.) atau yang dikenal dengan bunga kol, kembang kol, atau cauliflower merupakan tanaman semusim yang memiliki banyak manfaat dan menjadi tanaman penting dari famili Brassicaceae [3]. Nanopartikel didefinisikan sebagai dispersi partikel atau partikel padat yang memiliki kisaran ukuran 1-1000 nm. Bahan aktif atau obat dilarutkan, dijerat, dienkapsulasi, maupun disisipkan ke dalam suatu matriks nanopartikel. Tujuan utama dalam mendesain nanopartikel sebagai sistem penghantaran adalah untuk mengontrol ukuran partikel, sifat permukaan, dan pelepasan bahan aktif untuk mencapai sisi aktif spesifik, melindungi obat dari degradasi, dan mengurangi toksisitas maupun efek samping [4].

Menurut penelitian Mita et al. (2009), ekstrak etanol daun kubis telah diuji aktivitas antijamurnya terhadap *Malassezia furfur* menggunakan metode difusi agar dengan berbagai variasi konsentrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak tersebut memiliki efek antijamur terhadap kedua jenis jamur yang diuji. Selain itu, semakin tinggi konsentrasi ekstrak etanol daun kubis, semakin besar pula aktivitas antijamurnya terhadap kedua jamur tersebut [5].

Berdasarkan temuan tersebut, penulis tertarik untuk meneliti lebih lanjut aktivitas antijamur ekstrak daun kubis karena kandungan metabolit sekundernya yang berpotensi menghambat pertumbuhan jamur. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat nanopartikel dari ekstrak etanol daun kubis serta membandingkan nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) antara ekstrak biasa dan nanopartikel ekstrak daun kubis terhadap *Malassezia furfur*.

Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode penelitian eksperimental, dimana variabel bebas pada penelitian ini yaitu simplisia daun kubis (*Brassica oleracea* L.), ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.), nanopartikel ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.), dan uji aktivitas antijamur. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu pemeriksaan karakterisasi simplisia, skrining fitokimia, karakteristik nanopartikel ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.), uji aktivitas antijamur terhadap *Malassezia furfur* dan analisis data. Rancangan meliputi pengumpulan dan pengolahan sampel, skrining fitokimia, pemeriksaan karakterisasi simplisia pembuatan ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.), pembuatan nanopartikel ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.) dan uji aktivitas antijamur.

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan meliputi: aquadest, ekstrak daun kubis, *Potato Dextrose Agar* (PDA), etanol 96%, *Potato Dextrose Broth* (PDB), jamur *Malassezia furfur*, HCL 2N, FeCl₃ 1%, Kloralhidrat, Bouchardat, Dragendorff, Mayer, Kloroform, asam asetat, DMSO (Dimetil Sulfoksida), anhidrat larutan standard Mcfarland 0,5, NaCl steril 0,9%, BaCl₂.2H₂O, H₂SO₄ 1%, aquadest, ketoconazol. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu wadah maserasi, rotary evaporator, batang pengaduk, lumpang dan alu, gelas kimia, gelas ukur, sendok tanduk, timbangan digital, autoklaf, Bunsen, jangka sorong, jarum ose, pipet tetes, cawan petri, dan *laminar air flow* (LAF), incubator, *Particle Size Analyzer* (PSA), Homogenizer, ayakan, tabung reaksi, oven.

Persiapan sample

Proses persiapan bahan penelitian dimulai dengan determinasi sampel yang dilakukan oleh Herbarium Medanense (MEDA), Universitas Sumatera Utara, untuk memastikan identitas taksonomi daun kubis (*Brassica oleracea* L.). Sampel daun kubis diperoleh dari pasar tradisional Pajak Limun, Medan, Sumatera Utara, melalui pengumpulan secara purposif, yaitu pemilihan lokasi dan sampel berdasarkan kriteria tertentu tanpa membandingkan karakteristik daerah lain. Setelah sampel terkumpul, tahap pengolahan dilakukan dengan sortasi basah untuk memisahkan bagian tanaman yang tidak layak, seperti daun rusak atau busuk. Selanjutnya, sampel dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringanginkan tanpa paparan sinar matahari langsung guna mencegah kerusakan kandungan kimia dalam daun [6]. Proses ini bertujuan menjaga kualitas sampel sebelum dilanjutkan pada tahap penyarian atau maserasi.

Pembuatan Ekstrak

Simplisia daun kubis 500g di maserasi dengan 3750ml etanol 96% dalam bejana tertutup dan di biarkan pada suhu kamar selama 5 hari, terlindung dari cahaya matahari dan sesekali di aduk. Setelah itu, campuran itu disaring dan diperas (menghasilkan maserat 1). Maserat dipisahkan dari ampas, yang kemudian dicuci dengan 1250ml etanol 96%, disaring, dan dipindahkan ke dalam bejana tertutup (maserat 2). Maserat 1 dan maserat 2 di gabungkan dan di diamkan selama 2 hari. Setelah itu, ekstraknya dikonsentrasi dengan menggunakan rotary evaporator pada suhu 60°C, menghasilkan ekstrak cair. Kemudian ekstrak ini diuapkan kembali di atas *waterbath* hingga diperoleh ekstrak yang kental [7].

Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.) 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 [8]. (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 [8]. (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 [8]. (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 [8]. (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 [8]. (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 [8]. Seluruh prosedur ini dirancang untuk mendeteksi senyawa aktif secara spesifik dan memastikan validitas hasil skrining fitokimia.

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 [9]; (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 [9]; (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 [9]; (d) **Asam klorida 2 N** : asam klorida pekat (17 mL) diencerkan dengan air suling hingga 100 mL [9]; (e) **FeCl₃ 1%** : besi klorida (1 g) dilarutkan dalam air suling hingga 100 mL [10]. 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) [2]. 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 [11].

Pembuatan Nanopartikel Ekstrak Etanol Kubis (*Brassica oleracea* L.)

Nanopartikel ekstrak daun kubis disintesis menggunakan metode *top-down* dengan teknik *High-Speed Homogenization* (HSH) untuk memperkecil ukuran partikel dan meningkatkan dispersibilitas. Sebanyak 15 g ekstrak daun kubis homogenisasi pada 2000 rpm selama 5 jam. Setelah itu, dilakukan sonikasi selama 1 jam untuk mencegah aglomerasi dan meningkatkan stabilitas nanopartikel [12,13]. Kombinasi teknik ini efektif dalam mengontrol ukuran nanopartikel serta meningkatkan sifat antibakteri dan antioksidan ekstrak [14,15].

Distribusi Ukuran Partikel

Nanopartikel kitosan ekstrak dan natos dikarakterisasi menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran partikel yang dihasilkan [16]. 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 [16]. 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).

Pengujian Aktivitas Antijamur 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 *Potato Dextrose Broth* (PDB) sebanyak 3,5 mL dan 0,5 mL jamur *Malassezia furfur* yang setara dengan standar McFarland 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 jamur. Tabung 10 diberi label K(-) yang merupakan kontrol negatif, yaitu tabung berisi Media dan ekstrak. Tabung 1- 8 dimasukkan ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.) dengan konsentrasi 100%, 50%, 25%, 12,5% dan 6,25%, 3,125%, 1,56%, 0,78% dan nanopartikel ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.) 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 48 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 jamur berarti jamur masih dapat bertumbuh, tetapi bila larutan dalam tabung terlihat mulai lebih jernih daripada tabung K(-) berarti pertumbuhan jamur 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 jamur.

Pengujian Aktivitas Antijamur Metode Dilusi Padat

Sebanyak 25 mL PDA dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan selama beberapa menit sehingga menjadi padat. Kemudian dipipet sejumlah 0,1 mL dari tiap -tiap pengenceran kemudian disebar di atas media PDA steril. Selanjutnya dilakukan inkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C KBM ditentukan dengan pengamatan ada tidaknya pertumbuhan jamur dalam media agar setelah diinkubasi. Konsentrasi terendah yang memperlihatkan kematian jamur (tidak ada pertumbuhan) merupakan nilai KBM. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif berupa konsentrasi terendah dari ekstrak yang mampu menghambat dan membunuh *Malassezia furfur*.

Analisis Data

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

Hasil Dan Pembahasan

Hasil Determinasi Sampel

Hasil identifikasi sampel yang dilakukan di Herbarium Medanense (MEDA) Fakultas Matematika dan Ilmu Alam (FMIPA) Universitas Sumatra Utara, menunjukkan sampel yang digunakan adalah daun kubis (*Brassica oleracea* L.) dari family Identifikasi sampel bertujuan untuk memastikan kebenaran dari tumbuhan yang digunakan sebagai bahan uji.

Hasil Pembuatan Simplisia dan Ekstrak Etanol Daun Kubis serta Karakterisasi Makroskopik dan Mikroskopik

Proses pembuatan simplisia dari daun kubis segar dengan berat awal 12.000 g menghasilkan simplisia kering seberat 7.000 g, dengan rendemen sebesar 58,33%. Serbuk simplisia yang diperoleh dari proses penggilingan mencapai 600 g, menunjukkan efisiensi yang cukup baik dalam tahap preparasi bahan kering.

Selanjutnya, ekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol menghasilkan ekstrak seberat 110 g, yang setara dengan rendemen 1,57% terhadap berat simplisia.

Pemeriksaan makroskopik menunjukkan bahwa daun kubis segar memiliki karakteristik morfologi berupa bentuk daun yang lebar dengan ukuran rata-rata panjang 9 cm dan lebar 6 cm. Warna daun hijau sedikit putih, disertai rasa yang sedikit hambar dan bau khas. Serbuk simplisia yang dihasilkan memiliki warna kuning ke krem, mengindikasikan adanya perubahan pigmen selama proses pengeringan.

Pada pengamatan mikroskopik serbuk simplisia, teridentifikasi beberapa struktur anatomi khas, antara lain rambut penutup (trikoma), empulur, dan epidermis bawah. Keberadaan trikoma menunjukkan adaptasi daun terhadap lingkungan, sedangkan empulur dan epidermis bawah memperkuat identifikasi jaringan parenkim dan lapisan pelindung daun. Hasil ini konsisten dengan karakteristik anatomi tanaman dari famili Brassicaceae, di mana daun kubis (*Brassica oleracea var. capitata*) memiliki struktur jaringan yang khas. Temuan ini dapat menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut terkait kandungan senyawa aktif dan uji bioaktivitas ekstrak etanol daun kubis.

Hasil Karakterisasi Simplisia Daun Kubis

Table 1. Hasil Karakterisasi Serbuk Simplisia Daun Kubis

No.	Karakteristik Simplisia	Kadar (%)	Syarat (Soares dkk., 2021). (Narsa,2022).
1.	Kadar air	4%	≤ 10%
2.	Kadar sari larut dalam air	32,3%	≥ 12%
3.	Kadar sari larut dalam etanol	16,18%	≥ 8%
4.	Kadar abu total	3,68%	≤ 15%
5	Kadar abu tidak larut asam	0,7%	≤ 1,5%

Keterangan: ≥ = lebih dari; ≤ = tidak lebih dari

Persyaratan karakterisasi kubis tidak ada di buku Materia Medika Indonesia (MMI) sehingga hasil karakterisasi simplisia dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan syarat umum yang dilakukan oleh Narsa, (2022), hasil karakterisasi simplisia kubis pada tabel 1 menunjukkan kadar air simplisia kubis sebesar 4 % yang berarti memenuhi syarat yaitu ≤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 [17].

Penetapan kadar sari larut dalam air yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 32,3% yang berarti memenuhi syarat ≥ 12%. Penetapan kadar sari larut dalam etanol yang diperoleh yaitu 16,18% yang berarti memenuhi syarat ≥ 8%. 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) [18]. Senyawa- senyawa yang diduga terlarut dalam pelarut air yaitu karbohidrat, saponin, tanin, alkaloid kuartener, 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 [19].

Penetapan kadar abu total yang diperoleh sebesar 3,68% yang berarti memenuhi syarat yaitu ≤ 15%. Penetapan kadar abu total tersebut menunjukkan senyawa organik yang terdapat pada simplisia kubis, semakin tinggi kadar abu total pada suatu sampel maka semakin buruk kualitas sampel. Penetapan kadar abu tidak larut asam sebesar 0,5 % yang berarti memenuhi syarat karena tidak lebih dari persyaratan yang ditentukan yaitu ≤ 1,5%. Penetapan kadar abu tidak larut asam menunjukkan adanya senyawa anorganik tidak larut asam seperti tanah atau pasir yang masih melekat pada simplisia kubis. Hal itu dapat disebabkan oleh adanya kontaminasi yang terjadi melalui udara atau tempat perlakuan sampel selama proses pengambilan daun hingga menjadi serbuk [19].

Hasil Skrining Fitokimia Serbuk dan Ekstrak kubis

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

Tabel 2. Hasil Skrining Fitokimia Serbuk Dan Ekstrak Kubis

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 kubis mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, dan steroid/ triterpenoid. Hasil uji alkaloid serbuk dan ekstrak kubis 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 [10]. 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 [20,21].

Hasil pemeriksaan flavonoid pada serbuk kubis berwarna dan kuning pada lapisan amil alkohol sedangkan pada ekstrak kubis berwarna jingga pada lapisan amil alkohol menunjukkan bahwa serbuk dan ekstrak kubis 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 [22].

Hasil pemeriksaan saponin pada serbuk kubis menghasilkan busa yang stabil setinggi 1 cm setelah penambahan HCl 2N dan bertahan selama 10 menit. Sedangkan pada ekstrak kubis menghasilkan busa stabil setinggi 1 cm dan bertahan selama 10 menit. Hasil tersebut menunjukkan serbuk dan ekstrak kubis mengandung saponin. Busa yang terbentuk karena adanya gelembung udara yang terjebak di dalam larutan [20,21].

Hasil pemeriksaan tanin pada serbuk dan ekstrak menghasilkan berwarna kuning coklat kehitaman. Hasil tersebut menunjukkan adanya senyawa tanin pada serbuk dan ekstrak daun kubis. Galotanin dan elagitanin memberikan berwarna biru hitam dengan larutan garam feri (besi) [23,24].

Hasil pemeriksaan steroid/ triterpenoid menghasilkan warna hijau pada serbuk simplisia daun kubis sedangkan warna merah pada ekstrak daun kubis setelah penambahan pereaksi Lieberman-Bouchard. Hasil tersebut menunjukkan adanya senyawa steroid pada serbuk dan ekstrak daun kubis.

Hasil Pembuatan Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Kubis

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pembuatan koloid nanopartikel ekstrak etanol kubis menghasilkan warna coklat kehitaman. Metode yang digunakan adalah metode *top-down* dengan Teknik *High Speed Homogenization* (HSH) /*Ultrasound* dengan alat yang digunakan yaitu homogenizer. Pembuatan nano dengan metode HSH dan ultrasonifikasi dilakukan dengan cara mendispersikan partikel pada tabung ultrasound dengan kecepatan tinggi, gabungan kedua metode ini sangat sederhana. pada homogenisasi menggunakan kecepatan putaran tinggi, pemecahan partikel disebabkan oleh aliran turbulensi yang ditimbulkan. Kecepatan putaran tinggi menghasilkan banyak aliran turbulen kecil yang memecahkan partikel yang bersentuhan dengan aliran tersebut sehingga menjadi lebih kecil [25]. Prinsip kerja dari high speed homogenization adalah Peningkatan kecepatan high speed homogenizer diketahui dapat menurunkan ukuran partikel melalui pengaruh energi dan shear stress yang diberikan kepada emulsi [26]. Pemahaman mendalam tentang dinamika fluida telah membantu para peneliti merancang desain inovatif untuk homogenizer tekanan tinggi dengan kapasitas dan efisiensi pemrosesan yang lebih tinggi. Mekanisme terjadinya nanopartikel ekstrak tanaman dapat dilakukan dengan mencampurkan ekstrak tanaman dengan larutan garam logam pada suhu ruangan. Mekanisme nanopartikel Efek NP pada organisme hidup sebagian

besar bergantung pada ukuran, bentuk, dosis, konsentrasi dan jenis NP, spesies tanaman/hewan dan tahap perkembangannya, durasi paparan NP. Konsentrasi NP yang lebih tinggi menghasilkan toksisitas seluler sementara penggunaan NP yang optimal meningkatkan pertumbuhan tanaman. Selain itu, penggunaan NP terbukti sebagai agen antimikroba yang potensial. Mekanisme kerja untuk aktivitas antimikroba meliputi; perlekatan langsung ke permukaan sel, gangguan membran sel dan potensial membran, pembentukan stres oksidatif dan penghambatan protein/enzim (enzim utama respirasi, replikasi) [27].

Setelah dilakukan penghomogenisasi kemudian di ultrasonik karena ultrasonikasi adalah prosedur penting yang menunjukkan potensi luar biasa dalam memisahkan kelompok partikel, yang mendorong peningkatan stabilitas suspensi. Perlakuan ultrasonik digunakan untuk berbagai keperluan, seperti disperse nanopartikel ke dalam cairan dasar, de-aglomerasi partikel, pengurangan ukuran partikel, penggabungan dan presipitasi molekul, dan fungsionalisasi permukaan. Energi suara adalah gelombang yang terdiri dari tekanan tinggi dan rendah. Gelombang suara yang dihasilkan dari efek probe pada partikel untuk dipisahkan di seluruh cairan. Gelombang suara yang digunakan dalam sonikasi biasanya adalah gelombang ultrasonik dengan frekuensi lebih dari 20 kHz, yaitu 20.000 siklus untuk setiap detik dan seiring dengan peningkatan frekuensi, kekuatan agitasi meningkat. Partikel-partikel bergetar saat mengalami siklus tekanan, struktur gelembung vakum mikroskopis terbentuk dan kemudian terurai menjadi larutan, hal ini dikenal sebagai proses kavitas [28].

Ultrasonikasi adalah teknik homogenisasi unik yang digunakan dalam berbagai aplikasi. Ini adalah proses yang memecah partikel besar menjadi fragmen yang lebih kecil atau partikel berukuran lebih seragam dalam cairan dasar. Sonikasi nanofluida dicapai dengan memberikan energi suara untuk mengaduk nanopartikel dalam suspensi. Ultrasonikasi adalah proses di mana di atas 20 kHz laju/frekuensi ultrasonik digunakan untuk homogenisasi. Ultrasonicator merupakan alat intensifier dalam teknik homogenisasi, yang berfungsi memecah partikel yang akan didispersikan ke dalam cairan secara efisien dan kolaboratif. Secara umum, ultrasonicator berfungsi untuk berbagai tujuan seperti nanopartikel yang akan didispersikan ke dalam cairan dasar, untuk menghindari penggumpalan, untuk mengurangi ukuran nanopartikel dalam cairan atau selama sintesis nanopartikel dan fungsionalisasi permukaan [28].

Prinsip kerja *ultrasonic cleaner* pada dasarnya adalah mengubah energi listrik menjadi getaran dengan frekuensi sangat tinggi. Selanjutnya, getaran ini akan dirambat melalui medium cair ke obyek-obyek yang berbeda dalam medium tersebut. Getaran berfrekuensi sangat tinggi dirambat, menciptakan gelembung-gelembung berongga pada medium cair. Disaat bersamaan, gelembung kavitas tersebut mengalami desakan tekanan tinggi dari getaran ultrasonik. Akibatnya terjadi agitasi, yaitu pecahnya gelembung berongga membentuk gelombang kejut yang kuat. Tujuan utama adalah membersihkan segala kontaminasi pada sampel padat [29].

Distribusi Ukuran Partikel

Tabel 3. Nilai Sampel PSA Ekstrak dan Nanopartikel Ekstrak Kubis

Sampel	Nilai PSA sampel		Standar nilai PSA Nanopartikel
	µm	nm	Nm
Ekstrak	2,20345	2203,45	1-1000
Nanopartikel	0,40833	408,33	1-1000

Pengukuran ekstrak dan nanopartikel ekstrak etanol daun kubis dilakukan di Laboratorium Nanomedisin Universitas Sumatera Utara menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) merek Fritsch untuk membandingkan ukuran partikel antara ekstrak kasar dan formulasi nanopartikelnya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kubis memiliki ukuran partikel 2.203,45 nm, sedangkan nanopartikelnya berukuran 408,33 nm. Nanopartikel didefinisikan sebagai partikel koloid padat dengan ukuran 1–1.000 nm [30], sehingga hasil ini membuktikan keberhasilan nanoformulasi dalam mereduksi ukuran partikel ekstrak ke skala nano. Ukuran yang lebih kecil ini meningkatkan kemampuan penetrasi ke dalam sel atau jaringan, sekaligus memengaruhi mekanisme aksinya pada organisme hidup yang bergantung pada parameter seperti ukuran, bentuk, dosis, dan konsentrasi. Selain itu, nanopartikel terbukti berpotensi sebagai agen antimikroba melalui beberapa mekanisme, antara lain: (1) perlekatan langsung ke permukaan

sel mikroba, (2) gangguan integritas membran sel dan potensial membran, (3) induksi stres oksidatif, serta (4) penghambatan fungsi protein/enzim [27].

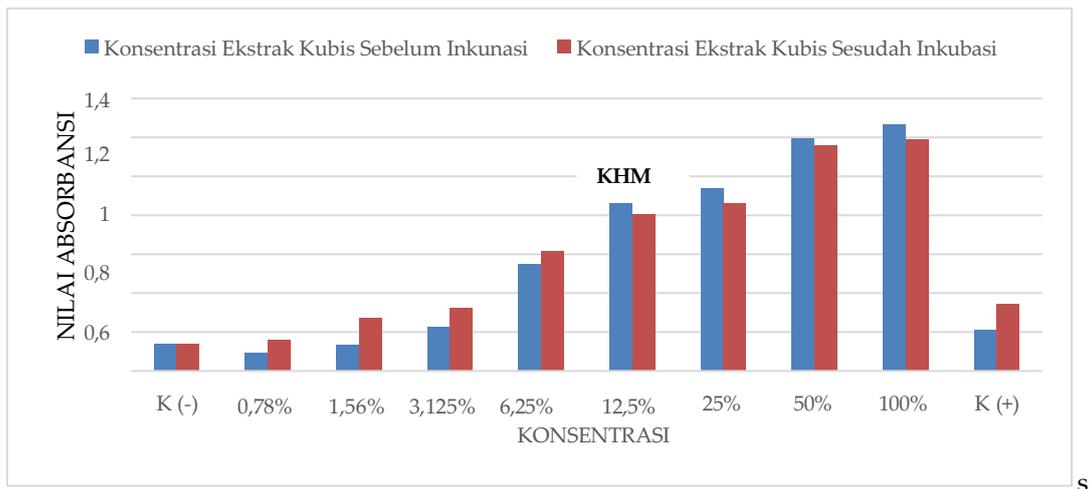
Hasil Uji Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum Ekstrak dan Nanopartikel Ekstrak Daun Kubis

Pada Tabel 4 dan grafik Gambar 1 diperoleh hasil pengujian KHM dimana pengujian pada ekstrak daun kubis terhadap *Malassezia furfur* menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa penghambatan dimulai pada konsentrasi 12,5%. Apabila nilai absorbansi sebelum inkubasi lebih besar dari pada nilai absorbansi setelah inkubasi (terjadi penurunan nilai absorbansi) maka dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi tersebut terjadi penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri. Sebaliknya apabila nilai absorbansi sebelum inkubasi lebih kecil dari pada setelah inkubasi (terjadi kenaikan nilai absorbansi) maka dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi tersebut proses pertumbuhan bakteri masih terjadi.

Tabel 4. Nilai Absorbansi KHM Ekstrak Daun Kubis Terhadap *M. furfur*

Konsentrasi Ekstrak Kubis	Nilai absorbansi						Rata-rata nilai absorbansi		Deskripsi	KHM
	Ulangan-I		Ulangan-II		Ulangan-III		T ₀	T _a		
	T ₀	T _a	T ₀	T _a	T ₀	T _a				
K (-)	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141	Tetap	-
0,78%	0,106	0,160	0,097	0,151	0,086	0,176	0,096	0,162	Naik	-
1,56%	0,149	0,237	0,142	0,291	0,116	0,286	0,135	0,271	Naik	-
3,125%	0,251	0,336	0,236	0,352	0,199	0,289	0,228	0,325	Naik	-
6,25%	0,585	0,647	0,548	0,613	0,516	0,586	0,549	0,615	Naik	-
12,5%	0,861	0,781	0,905	0,887	0,828	0,751	0,864	0,806	Turun	KHM
25%	0,934	0,894	0,891	0,838	0,995	0,863	0,94	0,865	Turun	-
50%	1,229	1,197	1,199	1,160	1,157	1,116	1,195	1,158	Turun	-
100%	1,293	1,189	1,236	1,191	1,273	1,184	1,267	1,188	Turun	-
K (+)	0,213	0,342	0,213	0,342	0,213	0,342	0,213	0,342	Naik	-

Keterangan: T₀ = sebelum inkubasi; T_a = sesudah inkubasi; K (-) = media + ekstrak; K (+) = media + jamur; KHM = konsentrasi hambat minimum



Gambar 1. Grafik Nilai Absorbansi KHM Ekstrak Kubis Terhadap *M.furfur*

Konsentrasi terendah yang tidak mengalami peningkatan nilai absorbansi setelah inkubasi ditetapkan sebagai nilai KHM. Sehingga pada penelitian ini diperoleh nilai KHM pada ekstrak kubis pada konsentrasi 12,5%. Pada konsentrasi 12,5% telah terjadi penurunan nilai absorbansi yang artinya pada konsentrasi tersebut sudah dapat menghambat pertumbuhan jamur *Malassezia furfur*. Hal ini dapat dilihat juga dari tingkat kekeruhannya, karena penentuan KHM melalui pengujian turbidimetri dilakukan dengan melihat kekeruhan larutan dalam tabung namun kemampuan mata manusia bersifat subjektif sehingga dapat menimbulkan kesalahan dikarenakan warna larutan yang hampir sama, oleh karena itu dilakukanlah pengukuran nilai

absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dimana pengamatan menggunakan metode turbidimetri dan spektrofotometer UV-Vis memiliki hasil yang akurat dalam menentukan nilai absorbansi sebelum dan sesudah inkubasi.

Tabel 5. Konsentrasi Bunuh Minimum Ekstrak Terhadap *Malassezia furfur*

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

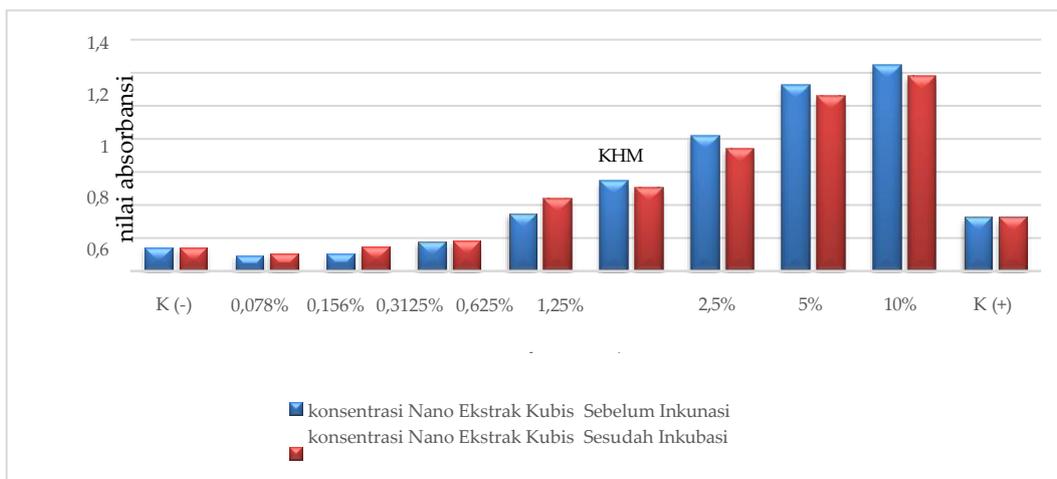
Keterangan: KBM = konsentrasi bunuh minimum

Hasil pengujian konsentrasi bunuh minimum (KBM) pada tabel 5 menunjukkan bahwa ekstrak kubis pada konsentrasi 6,25% sampai 25% masih menunjukkan pertumbuhan *Malassezia furfur*. Sedangkan pada konsentrasi 50% sudah menunjukkan tidak adanya pertumbuhan jamur *Malassezia furfur*. Konsentrasi terendah yang sudah tidak tumbuh jamur setelah inkubasi pada media PDA selama 48 jam ditetapkan sebagai nilai KBM. Sehingga nilai KBM terdapat pada konsentrasi 50% pada ekstrak kubis.

Tabel 6. Nilai Absorbansi KHM Nanopartikel Ekstrak Kubis Terhadap *Malassezia furfur*

Konsentrasi Nano Ekstrak Kubis	Nilai absorbansi						Rata-rata nilai absorbansi		Deskripsi	KHM
	Ulangan-I		Ulangan-II		Ulangan-III		T ₀	T _a		
	T ₀	T _a	T ₀	T _a	T ₀	T _a				
K (-)	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	Tetap	-
0,078%	0,096	0,108	0,101	0,118	0,087	0,098	0,094	0,108	Naik	-
0,156%	0,117	0,154	0,090	0,137	0,110	0,162	0,106	0,151	Naik	-
0,3125%	0,180	0,194	0,188	0,192	0,168	0,179	0,179	0,188	Naik	-
0,625%	0,316	0,427	0,392	0,439	0,340	0,462	0,349	0,442	Naik	-
1,25%	0,517	0,472	0,621	0,564	0,508	0,488	0,548	0,508	Turun	KHM
2,5%	0,735	0,683	0,893	0,795	0,836	0,749	0,821	0,742	Turun	-
5%	1,130	1,078	1,130	0,992	1,128	1,108	1,129	1,059	Turun	-
10%	1,261	1,196	1,187	1,167	1,297	1,189	1,248	1,184	Turun	-
K (+)	0,216	0,328	0,216	0,328	0,216	0,328	0,216	0,328	Naik	-

Keterangan: T₀ = sebelum inkubasi; T_a = sesudah inkubasi; K (-) = media + ekstrak; K (+) = media + jamur; KHM = konsentrasi hambat minimum



Gambar 2. Grafik Nilai Absorbansi KHM Nanopartikel Ekstrak Kubis Terhadap *Malassezia furfur*

Pada Tabel 6 dan grafik Gambar 2 diperoleh hasil pengujian KHM dimana pengujian pada nanopartikel ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.) terhadap *Malassezia furfur* menggunakan spektrofotometer UV-Vis

menunjukkan bahwa penghambatan dimulai pada konsentrasi 1,25%. Konsentrasi terendah yang tidak mengalami peningkatan nilai absorbansi setelah inkubasi ditetapkan sebagai nilai KHM. Sehingga nilai KHM pada nanopartikel ekstrak daun kubis (*Brassica oleracea* L.) pada konsentrasi 1,25%.

Tabel 7. konsentrasi Bunuh Minimum Nanopartikel Ekstrak Terhadap *M.furfur*

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

Keterangan: KBM = konsentrasi bunuh minimum

Hasil pengujian konsentrasi bunuh minimum (KBM) pada tabel 7 menunjukkan bahwa nanopartikel ekstrak kubis pada konsentrasi 0,625% sampai 2,5% masih menunjukkan pertumbuhan *Malassezia furfur*. Sedangkan pada konsentrasi 5% sudah menunjukkan tidak adanya pertumbuhan jamur *Malassezia furfur*. Konsentrasi terendah yang sudah tidak tumbuh jamur setelah inkubasi pada media PDA selama 48 jam ditetapkan sebagai nilai KBM. Sehingga nilai KBM terdapat pada konsentrasi 5% pada nanopartikel ekstrak kubis.

Menurut Wira *et al.*, (2020) konsentrasi hambat minimum (KHM) ditentukan dengan melihat konsentrasi terkecil yang sudah mulai menunjukkan proses penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri. Penurunan nilai absorbansi dari ekstrak buah dan ekstrak daun tanaman beringin merupakan nilai KHM. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh kandungan zat aktif yang terkandung dalam masing-masing ekstrak. Pengukuran KHM menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa apabila terjadi penurunan nilai absorbansi maka dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi tersebut terjadi penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri. Sebaliknya apabila terjadi kenaikan nilai absorbansi maka dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi tersebut proses pertumbuhan bakteri masih terjadi [31].

Pada kontrol positif terjadi kenaikan nilai absorbansi. KHM merupakan konsentrasi terkecil yang dapat menghambat suatu mikroba. Seperti yang dikatakan peneliti (Saputera *et al*, 2019) bahwa KHM adalah konsentrasi minimal zat antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri setelah diinkubasi 24 jam dan tidak tumbuh koloni bakteri yang diketahui dengan cara mengamati banyaknya koloni bakteri yang tumbuh. KHM juga merupakan teknik untuk menentukan konsentrasi minimum zat antimikroba yang dibutuhkan dalam menghambat pertumbuhan suatu mikroorganisme dan juga menurut penelitian yang dilakukan oleh (Warokka *et al*, 2016) mengatakan bahwa Penentuan KHM melalui pengujian turbidimetri dilakukan dengan melihat kekeruhan larutan dalam tabung, bukan melihat kepekatan warna larutan dalam tabung, karena semakin tinggi konsentrasi warna larutan suatu ekstrak, maka semakin besar tingkat aktivitas penghambatannya terhadap pertumbuhan bakteri yang terlihat pada larutan semakin jernih. Metode turbidimetri memiliki kelemahan yaitu mata manusia pada saat pengamatan kekeruhan tidak bisa membedakan antara sel bakteri yang hidup dengan sel bakteri yang mati. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan cara mengukur nilai absorbansi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Salah satu kekurangan alat spektrofotometer UV-Vis yaitu cahaya yang diserap tidak dapat membedakan antara sel-sel bakteri mati dan yang hidup.

Menurut Inanta (2023) bahwa nilai KBM adalah konsentrasi terendah dari agen antimikroba yang secara efektif membunuh mikroorganisme target. Pada konsentrasi ini tidak ada pertumbuhan mikroorganisme yang diamati dalam kultur. KBM merupakan efek antimikroba terhadap mikroorganisme dan menunjukkan bahwa agen tersebut sangat efektif dalam membunuh mikroorganisme [32].

Ekstrak daun kubis dapat dijadikan nanopartikel ekstrak, dimana dengan konsentrasi nanopartikel ekstrak 5% sudah memiliki kemampuan aktivitas antijamur yang mendekati konsentrasi ekstrak etanol kubis 50%, sehingga dapat dikatakan bahwa sediaan nanopartikel ekstrak dapat memperkecil dosis suatu obat. Kemampuan aktivitas antijamur ekstrak dan nanopartikel ekstrak etanol kubis pada penelitian ini berasal dari kandungan senyawa aktif di dalamnya dan tergantung jenis jamur yang akan diuji. Kubis (*Brassica oleracea* L.) merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai antifungi, adapun kandungan kimia yang dimiliki oleh kubis (*Brassica oleracea* L.) adalah fenol dan flavonoid.

Alkaloid merupakan senyawa yang memiliki aktivitas antifungi dengan cara menghambat esterase DNA dan RNA polymerase [33]. Di dalam senyawa alkaloid terkandung komponen kimia berupa antrakuinon, glikosida dan resin yang mampu menembus dinding sel jamur, sehingga terjadi gangguan pada proses metabolisme didalam sel jamur yang mengakibatkan terganggunya pertumbuhan sel pada konsentrasi tertentu akan berakibat terjadinya kematian pada sel jamur tersebut [34].

Flavonoid adalah suatu kelompok senyawa fenol yang banyak terdapat di alam. Flavonoid juga merupakan komponen tumbuhan zat anti oksidan sebagai suplemen sel, yang memiliki sifat sebagai bahan antivirus, antioksidan, antijamur, antibakteri dan anti inflamasi. Berdasarkan pernyataan yang disampaikan oleh Fatma et al., (2021) Flavonoid memiliki mekanisme kerja dengan menghambat gangguan permeabilitas membrane sel jamur dan flavonoid akan mendenaturasi protein sel dan mengerutkan dinding sel sehingga menyebabkan dinding sel jamur lisis karena flavonoid membentuk kompleks protein dengan protein membrane sel [33]. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Marsha Utami et al., (2021) yang menyatakan bahwa flavonoid memiliki gugus hidroksil yang dapat menyebabkan perubahan komponen organik pada sel mikroba serta transfer nutrisi yang terganggu dan berakibat toksik terhadap jamur [34].

Dalam Gunawan & Rahayu (2021) menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak tumbuhan yang memiliki senyawa antibakteri, maka aktivitas antibakteri yang diperoleh semakin besar [35]. Dalam Rahayu et al. (2021) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak tanaman yang diuji maka aktivitas antibakteri yang diperoleh akan semakin besar [36]. Menurut Rahayu et al., (2022) kemampuan antibakteri dari suatu ekstrak tanaman bergantung pada jenis tanaman dan kandungan senyawa metabolit yang terdapat pada tanaman tersebut dan jenis bakteri yang akan diuji [37]. Demikian juga pada penelitian Rahayu et al. (2024) perbedaan aktivitas daya antibakteri pada suatu formulasi dipengaruhi oleh senyawa yang terkandung dari ekstrak tanaman. Semakin besar konsentrasi ekstrak tanaman dalam suatu formulasi sediaan maka akan semakin besar aktivitas antibakterinya. Metabolit sekunder ekstrak tanaman mampu dijadikan sebagai antibakteri. Zat aktif seperti tanin, flavonoid, minyak atsiri, dan alkaloid yang terdapat dalam tanaman diketahui memiliki efek sebagai antibakteri. Demikian juga flavonoid memiliki potensi sebagai menghambat pertumbuhan bakteri karena memiliki sifat sebagai antioksidan [38].

Menurut Fahira et al., (2023) sediaan dalam bentuk nanopartikel ekstrak tanaman dapat memperkecil dosis suatu obat. Dengan sediaan nanopartikel ekstrak dapat menurunkan dosis suatu obat karena pada konsentrasi yang kecil pada nanopartikel ekstrak memiliki aktivitas antibakteri yang hampir setara dengan aktivitas antibakteri pada ekstrak yang konsentrasinya lebih besar. Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan ukuran partikel. Nanopartikel memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga lebih efektif menembus dinding sel bakteri dan menghambat pertumbuhan bakteri [39].

Dalam penelitian Khofifah et al. (2025), nanopartikel ekstrak etanol daun pepaya 5% memiliki kemampuan antibakteri yang hampir sama dengan ekstrak etanol daun pepaya 50% sehingga dapat dikatakan nanopartikel ekstrak etanol daun pepaya 5% dapat menurunkan konsentrasi dosis senyawa antibakteri hingga sepersepuluh kali lipat dibandingkan ekstrak etanol daun pepaya 50% (1:10) [40]. Sesuai dengan penelitian Hutagaol et al. (2023), ekstrak etanol daun mangga harum manis dapat dijadikan nanopartikel ekstrak dengan daya aktivitas antibakteri konsentrasi nanopartikel ekstrak 5% setara efektivitasnya dengan konsentrasi ekstrak etanol daun mangga harum manis 50% terhadap *E. coli* sehingga dapat dikatakan bahwa nanopartikel ekstrak dapat memperkecil dosis suatu obat [41]. Demikian juga pada penelitian Siregar et al. (2023) dimana ekstrak etanol daun matoa dapat dijadikan nanopartikel ekstrak dengan konsentrasi nanopartikel ekstrak 2,5% sudah mempunyai kemampuan aktivitas antibakteri yang ekuivalen dengan setengah dosis ekstrak etanol daun matoa konsentrasi 25%, sehingga dapat dikatakan sediaan ekstrak nanopartikel dapat menurunkan dosis suatu obat hingga setengah dosisnya [42].

Hasil uji normalitas pada ekstrak daun kubis terhadap *Malassezia furfur* diketahui nilai p (Sig.) $0,780 > 0,05$ maka H_0 diterima data berdistribusi normal. Sehingga data dalam penelitian ini berasal dari populasi dalam sebaran yang normal dan dapat dilakukan pengujian statistic parametrik one way anova. Hasil homogenitas ekstrak etanol kubis memiliki nilai Sig. $0,253 \geq 0,05$, maka berdasarkan criteria 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.

Hasil uji normalitas pada nanopartikel ekstrak etanol kubis terhadap *v* diketahui nilai p (Sig.) $0,780 > 0,05$ 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 kubis memiliki nilai Sig.0.386 \geq 0.05, maka berdasarkan kriteria pengambilan keputusan dalam uji homogenitas di atas H0 diterima yang berarti varians kelompok tidak berbeda secara signifikan sehingga bermakna varians kelompok data yang dibandingkan adalah homogen.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa nanopartikel ekstrak etanol daun kubis menunjukkan aktivitas antijamur yang lebih efektif dibandingkan ekstrak etanol daun kubis terhadap *Malassezia furfur*. Nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) nanopartikel ekstrak etanol daun kubis diperoleh 1,25% dibandingkan ekstrak etanol daun kubis 12,5%. Sedangkan nilai konsentrasi bunuh minimum (KBM) nanopartikel ekstrak etanol daun kubis diperoleh 5% dibandingkan ekstrak etanol daun kubis 50%. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel ekstrak etanol daun kubis memiliki efikasi antijamur setara dengan ekstrak etanol. Sehingga nanopartikel ekstrak mampu menurunkan kebutuhan dosis hingga sepersepuluh kali lipat (rasio 1:10) dibandingkan ekstrak. Temuan ini mengindikasikan potensi nanopartikel sebagai alternatif formulasi antijamur dengan efisiensi dosis yang lebih optimal.

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] Nurhikma E, Antari D, Tee SA. Formulasi Sampo Antiketombe Dari Ekstrak Kubis (*Brassica oleracea* Var. *Capitata* L.) Kombinasi Ekstrak Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb). *J Mandala Pharmacoon Indones* 2018;4:61–7.
- [2] 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.
- [3] Haryanti D, Efendi D. Keragaman Morfologi Dan Komponen Hasil Kubis Bunga (*Brassica Oleracea* Var. *Botrytis* L.) Di Dataran Tinggi Dan Dataran Rendah. *J Agron Indones (Indonesian J Agron* 2019;47:291–8.
- [4] Ahdyani R, Rahayu S, Zamzani I, Andika A. Pengembangan Sistem Penghantaran Berbasis Nanopartikel dalam Sediaan Kosmesetika Herbal. *J Curr Pharm Sci* 2020;4:289–99.
- [5] Mita SR, Rusmiati D, Kusuma SAF. Pengembangan ekstrak etanol kubis (*Brassica oleracea* Var. *Capitata* L.) asal kabupaten Bandung Barat dalam bentuk sampo antiketombe terhadap Jamur *Malassezia furfur*. *Lap Akhir Penelit Peneliti Muda Tidak Diterbitkan Bandung Univ Padjadjaran* 2009.
- [6] Departemen Kesehatan Republik Indonesia., Depkes RI. *Farmakope Hebal Indonesia. Farmakop Herb Indones* 2008.

- [7] Indonesia DK. Farmakope Indonesia Edisi III. 1979.
- [8] Hadiq S, Yulianti T. Skrining Fitokimia Ekstrak Metanol Daun Pandan Wangi (*Pandanus amarillyfolius* Roxb) 2023.
- [9] Dirjen POM. Farmakope Indonesia Edisi. IV. Jakarta: Depkes RI; 1995.
- [10] Depkes RI. *Materia Medika Indonesia* Jilid V. Departemen Kesehatan Republik Indonesia; 1989.
- [11] Firmansyah F. Isolasi Dan Uji Aktivitas Fungi Endofit Batang Beluntas (*Pluchea indica* L) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* Dan *Candida albicans*. *J Kesehat Yamasi Makassar* 2019;3.
- [12] Oktavia IN, Sutoyo S. Review Artikel: Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Tumbuhan Sebagai Bahan Antioksidan. *Unesa J Chem* 2021;10:37–54. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n1.p37-54>.
- [13] Kasim S, Taba P, Ruslan R, Anto R. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Sebagai Bioreduktor. *Kovalen J Ris Kim* 2020;6:126–33. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i2.15137>.
- [14] Aprilia TS, Sarindang SW, Putra PA, Nugroho BH. Pengobatan anti kanker payudara terbaru dari ekstrak daun singkong karet (*Manihot glazovii*) berbasis teknologi nanopartikel emas. *Khazanah* 2018;10. <https://doi.org/10.20885/khazanah.vol10.iss2.art2>.
- [15] Puspitasari R, Rahmat D, Djamil R. Nanopartikel Ekstrak Etil Asetat Daun Melinjo (*Gnetum Gnemon* L.) Dengan Aktivitas Antioksidan Dan Antibakteri Terhadap *Propionibacterium Acnes*. *Gema Wiralodra* 2023;14:554–60. <https://doi.org/10.31943/gw.v14i1.367>.
- [16] Sutthanont N, Attrapadung S, Nuchprayoon S. Larvicidal activity of synthesized silver nanoparticles from *Curcuma zedoaria* essential oil against *Culex quinquefasciatus*. *Insects* 2019;10:27.
- [17] Narsa AC, Salman AA, Prabowo WC. Identifikasi Metabolit Sekunder dan Profil Farmakognosi Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L) Sebagai Bahan Baku Farmasi Terbaru: Identification of Secondary Metabolites and Pharmacognosy Profile of Shallot Skin (*Allium cepa* L) as Renewable Pharmaceutical. *J Sains Dan Kesehat* 2022;4:645–53.
- [18] SOARES N, Putri Luhurningtyas F, Laila Vifta R. Pengaruh Metode Dan Pelarut Ekstraksi Terhadap Mutu Ekstrak Daun Karika (*Carica pubeescens* L) 2021.
- [19] 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.
- [20] Harborne. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: Penerbit ITB; 1987.
- [21] Harborne AJ. *Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis*. springer science & business media; 1998.
- [22] Robinson T. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. 1995. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2010.80>.
- [23] Hanani E. *Analisis Fitokimia*. Jakarta: EGC; 2015.
- [24] Endang H. *Analisis fitokimia*. Jakarta Buku Kedokt EGC 2014.
- [25] WIDYANTORO T. *Teknologi pembuatan dan stabilitas nanokrim dari bahan alam: Literature review*. Universitas Muhammadiyah Magelang, 2021.
- [26] Safiera A. Pengaruh kecepatan high speed homogenizer hsh pada ukuran partikel poly lactic acid pla= Effect of high speed homogenizer hsh speed to poly lactic acid pla particle size 2016.
- [27] Soni G, Kale K, Shetty S, Gupta MK, Yadav KS. Quality by design (QbD) approach in processing polymeric nanoparticles loading anticancer drugs by high pressure homogenizer. *Heliyon* 2020;6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03846>.
- [28] Sandhya M, Ramasamy D, Sudhakar K, Kadirgama K, Harun WSW. Ultrasonication an intensifying tool for preparation of stable nanofluids and study the time influence on distinct properties of graphene nanofluids–A systematic overview. *Ultrason Sonochem* 2021;73:105479.
- [29] Ishartianto AD. *Ultrasonic Cleaner Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengereng* 2023.
- [30] Kumowal S, Fatimawali F, Jayanto I. Uji aktivitas antibakteri nanopartikel ekstrak lengkuas putih (*Alpinia galanga* (L.) Willd) terhadap bakteri *Klebsiella pneumoniae*. *Pharmacon* 2019;8:781–90.
- [31] Wira DW, Mardawati E, Hutauruk RO, Bangun DEM, Kamila HE. Minimum inhibitory concentration of leaf and fruit extract *Ficus lyrata* Warb against *Salmonella thypi* bacteria. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 443, IOP Publishing; 2020, p. 12046.
- [32] Inanta NS. Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) Dari

Ekstrak Etanol Daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis* 2023.

- [33] Fatma M, Chatri M, Fifendy M, Handayani D. Effect of papaya leaf extract (*Carica papaya* L.) on colony diameter and percentage of growth inhibition of *Fusarium oxysporum*. *J Serambi Biol* 2021;6:9–14.
- [34] Utami M, Advinda L, Violita V, Chatri M. The Effectiveness Of Noni Leaf Extract (*Morinda citrifolia* L.) As an Antifungal Against the Growth of *Sclerotium rolfsii* In Vitro. *J Serambi Biol* 2022;7:199–204.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] Rahayu YP, Dalimunthe GI, Wahyuni S, Rani Z. Evaluasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Sediaan Obat Kumur (Mouthwash) Dari Ekstrak Etanol Daun Salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp.). *Forte J* 2024;4:285–93.
- [39] 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.
- [40] Khofifah N, Rahayu YP, Nasution HM, Miswanda D. Penentuan konsentrasi hambat minimum dan konsentrasi bunuh minimum ekstrak dan nanopartikel ekstrak daun pepaya (*Carica Papaya* L.) terhadap Bakteri *Cutibacterium acnes*. *J Pharm Sci* 2025:51–66.
- [41] Hutagaol DA, Rahayu YP, Nasution MP, Nasution HM. Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Mangga Harum Manis (*Mangifera indica* L. var. arum manis) TERHADAP BAKTERI *Escherichia*. *J Farm Klin Dan Sains* 2023;3:17–25.
- [42] Siregar HN, Rahayu YP, Nasution HM, Nasution MP. Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa (*Pometia pinnata* JR Forst & G. Forst) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *J Ris Kefarmasian Indones* 2023;5:24–41.