

Test Of Antibacterial Effectiveness Of Avocado Extract Nanoparticles (*Persea americana Mill*) Against *Propionibacterium acne* Growth

[Uji Efektivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Alpukat (*Persea americana Mill*) Terhadap Pertumbuhan *Propionibacterium acne*]

Hafidhotun Nafilah¹⁾, Chylen Setiyo Rini^{*,1)}

¹⁾Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: chylensetiyorini@umsida.ac.id

Abstract. Nanoparticles are solid colloidal particles with a diameter ranging from 1 to 1000 nm. The ionic gelation technique is an effective method for nanoparticle formation due to its advantages, such as a simple process, the use of non-organic solvents, and ease of process control. One of the plants that can be utilized as an alternative herbal medicine is avocado (*Persea americana Mill*). This study aims to compare the effectiveness of avocado extract without nanoparticles with avocado extract nanoparticles (*Persea americana Mill*) in inhibiting the growth of *Propionibacterium acne* using the diffusion method with three repetitions. This research was carried out from August-October 2024. The results showed that the inhibition zones of avocado extract at concentrations of 25%, 50%, and 75% were 16.50 mm, 13.26 mm, and 32.27 mm, respectively. Meanwhile, the nanoparticle avocado extract at concentrations of 25%, 50%, and 75% produced the same inhibition zone of 6 mm against *Propionibacterium acnes*. In the statistical analysis using the nonparametric Friedman test showed a value ($p < 0.05$) is 0,000, which showed a significant difference between the inhibition zone of avocado extract and nanoparticles of avocado extract.

Keywords - Nanoparticles, Avocado (*Persea americana Mill*), *Propionibacterium acne*, Diffusion Method

Abstrak. Nanopartikel merupakan partikel padat berukuran koloid dengan diameter berkisar antara 1-1000 nm. Teknik gelasi ionik menjadi metode yang efektif dalam pembentukan nanopartikel karena keunggulannya, seperti proses yang sederhana, penggunaan pelarut non-organik, serta kemudahan dalam pengendalian proses. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai obat herbal alternatif adalah alpukat (*Persea americana Mill*). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas ekstrak buah alpukat tanpa nanopartikel dengan nanopartikel ekstrak buah alpukat (*Persea americana Mill*) terhadap pertumbuhan bakteri *Propionibacterium acne* menggunakan metode difusi dan dilakukan dalam tiga kali pengulangan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-Oktober 2024. Hasil penelitian menunjukkan daya hambat ekstrak alpukat pada konsentrasi 25% sebesar 16,50 mm, 50% sebesar 13,26 mm, dan 75% sebesar 32,27 mm. Sementara itu, nanopartikel ekstrak alpukat dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75% menghasilkan daya hambat yang sama, yaitu 6 mm terhadap pertumbuhan bakteri *Propionibacterium acne*. Pada uji analisis statistik menggunakan uji nonparametrik Friedman menunjukkan nilai ($p < 0,05$) yaitu 0,000 menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara zona hambat ekstrak buah alpukat dengan nanopartikel ekstrak buah alpukat.

Kata Kunci - Nanopartikel, Alpukat (*Persea americana Mill*), *Propionibacterium acne*, Metode Difusi

I. PENDAHULUAN

Penyakit infeksi merupakan masalah kesehatan yang umum dialami oleh penduduk Indonesia dan seluruh dunia. Infeksi yang disebabkan oleh bakteri adalah penyebab infeksi paling umum, contohnya yaitu jerawat yang biasanya ditemukan pada remaja. *Acne vulgaris* (jerawat) merupakan penyakit kulit yang disebabkan oleh peradangan kronis dengan mekanisme patogenesis yang kompleks. Kondisi ini melibatkan aktivitas kelenjar sebaceous, hiperkeratinisasi pada folikel rambut, pertumbuhan bakteri berlebih, reaksi imun tubuh, serta proses peradangan [1]. Jerawat bisa disebabkan dari beberapa faktor, diantaranya yaitu gaya hidup yang tidak sehat, ketidakstabilan hormon, kurangnya kebersihan, dan faktor psikologis. Penyumbatan pori-pori kulit menghambat keluarnya minyak sehingga minyak menumpuk, menyebabkan folikel membesar, mengering, dan membentuk jerawat [2]. Pada remaja, peningkatan kadar hormon estrogen dan progesteron pada perempuan serta testosteron pada laki-laki mendorong produksi minyak dan keringat yang berlebihan. Akibatnya, kulit wajah dan rambut menjadi berminyak, memicu terbentuknya jerawat [3]. Jerawat merupakan penyakit kulit yang umum terjadi dan memengaruhi sekitar 85% populasi dunia, terutama pada

kelompok usia 11-30 tahun [4]. Di Indonesia, prevalensi jerawat mencapai 80-85% pada remaja dengan puncak kejadian antara usia 15-18 tahun. Selain itu, prevalensi jerawat tercatat sebesar 12% pada wanita berusia di atas 25 tahun dan 3% pada kelompok usia 35-44 tahun [5].

Selain faktor-faktor diatas, infeksi bakteri juga dapat menjadi penyebab jerawat dan salah satu jenis bakteri yang diketahui dapat menyebabkan jerawat adalah *Propionibacterium acne* [6]. Bakteri *Propionibacterium acnes* secara alami ada pada kulit manusia, dan penyumbatan folikel merupakan kondisi yang umum terjadi. Namun, perkembangan lesi jerawat secara klinis bergantung pada respons imun tubuh yang dipengaruhi faktor genetik, seperti hipersensitivitas [2]. Bakteri *Propionibacterium acne* adalah gram-positif, berbentuk batang, tidak berspora, dan biasanya tumbuh sebagai anaerob obligat. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan lipase, yaitu suatu enzim yang dapat menyebabkan penyumbatan pada asam lemak dan minyak di permukaan kulit [7]. Selain itu, *Propionibacterium acne* juga dikaitkan dengan infeksi kronis pada implan bedah, seperti implan ortopedi atau alat medis lainnya. Infeksi ini sering sulit didiagnosis karena pertumbuhan bakteri yang lambat dan gejalanya yang subklinis. Kondisi ini dapat menyebabkan peradangan berkepanjangan pada jaringan di sekitar implan [8]. *Propionibacterium acne* juga diketahui sebagai salah satu penyebab endoftalmitis kronis yaitu peradangan serius pada bagian dalam mata, khususnya pasca-operasi katarak [9]. Infeksi ini bersifat lambat dan dapat menyebabkan kerusakan penglihatan jika tidak ditangani dengan tepat. Di samping itu, *Propionibacterium acne* berperan dalam prostatitis kronis, yaitu suatu kondisi peradangan pada kelenjar prostat yang sering menyebabkan nyeri pelvis berkepanjangan pada pria. Bakteri ini memicu respons inflamasi yang berkaitan dengan kondisi prostatitis non-bakterial [10]. *Propionibacterium acne* juga dapat menyebabkan spondylodiscitis, yaitu infeksi pada tulang belakang yang sering terjadi pasca-operasi atau sebagai infeksi sekunder. Kondisi ini memerlukan perhatian serius karena sulit didiagnosis melalui metode klinis biasa [11].

Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai obat herbal alternatif adalah alpukat (*Persea americana Mill*). Buah alpukat sendiri memiliki senyawa berupa saponin, polifenol, alkaloid, dan flavonoid yang mampu bertindak sebagai antibakteri. Bagian-bagian tanaman alpukat yang memiliki kandungan senyawa antibakteri diantaranya yaitu bagian daun, biji, kulit, dan daging buah alpukat [12]. Menurut [13] menyatakan bahwa nilai median atau rata-rata dari zona hambat ekstrak buah alpukat terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis* meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi, dengan ukuran zona hambat secara berturut-turut adalah 11,33 mm, 13,5 mm, 15,5 mm, dan 18 mm pada konsentrasi 25% b/v, 50% b/v, 75% b/v, dan 100% b/v. Artinya, semakin tinggi konsentrasi, semakin besar kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Nanoteknologi telah memunculkan minat yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir di berbagai disiplin ilmu seperti biologi, fisika, dan kimia. Dalam perkembangannya, cabang nanoteknologi yang mengalami pertumbuhan pesat adalah nanomedisin, nanoemulsi, dan penggunaan nanopartikel. Keberagaman aplikasi nanoteknologi, terutama dalam konteks biomedis, telah menjadi daya tarik utama dalam penelitian ini. Nanopartikel adalah partikel padat koloid dengan diameter mencapai rentang 1-1000 nm. Karakteristik bentuk dan ukuran partikel ini memiliki dampak yang signifikan pada efisiensi obat, mengingat bahwa ukuran partikel mempengaruhi proses disolusi, absorpsi, dan distribusi obat dalam tubuh [14]. Salah satu polimer yang dapat digunakan dalam formulasi nanopartikel adalah kitosan, dengan natrium tri-poli-fosfat (NaTPP) sebagai agen pengikat silang. Proses gelasi ionik merupakan teknik yang efektif untuk membentuk nanopartikel, memiliki keunggulan berupa proses yang sederhana, penggunaan pelarut non-organik, dan kemudahan dalam pengendalian prosesnya [15]. Terapi berbasis nanopartikel menawarkan pendekatan baru yang menjanjikan untuk dunia pengobatan. Dengan kemampuannya meningkatkan pengiriman obat, memberikan efek antimikroba langsung, dan meminimalisir efek samping, nanopartikel berpotensi menjadi solusi efektif untuk dijadikan sebagai obat untuk memerangi penyakit. Partikel kecil dengan ukuran mikroskopis, menunjukkan potensi luar biasa, salah satunya dalam pengobatan jerawat yang disebabkan oleh bakteri *Propionibacterium acne*. Keunggulan nanopartikel terletak pada ukurannya yang kecil dan sifatnya yang serbaguna, memungkinkan interaksi langsung dengan sel mikroba, meningkatkan pengiriman dan efektivitas agen terapeutik [16]. Hasil pengujian yang telah dilakukan oleh [17] menunjukkan bahwa ekstrak daun matoa pada konsentrasi 25% dan 50% memiliki aktivitas antibakteri kategori intermediate (sedang), sedangkan pada konsentrasi 75% masuk kategori susceptible (sensitif) terhadap bakteri *E. coli*. Sebaliknya, nanopartikel ekstrak daun matoa pada konsentrasi 2,5%, 5%, dan 7,5% termasuk kategori resistant.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian mengenai potensi nanopartikel ekstrak buah alpukat (*Persea americana Mill*) sebagai senyawa antimikroba dalam menghambat pertumbuhan *Propionibacterium acne* perlu dilakukan untuk mengetahui perbandingan efektivitas antara ekstrak buah alpukat tanpa nanopartikel dan nanopartikel ekstrak buah alpukat (*Persea americana Mill*).

II. METODE

Penelitian ini telah lulus uji etik di Komisi Kelaikan Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Surabaya dengan nomor sertifikasi: 0832/HRECC.FODM/VIII/2024. Desain penelitian ini

menggunakan metode eksperimental. Populasi dan sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buah alpukat (*Persea americana Mill*) yang berasal dari Pasar Bangil dengan buahnya berbentuk oval, dagingnya lunak, warnanya hijau kekuningan, dan masih segar. Adapun bakteri *Propionibacterium acne* yang berasal dari Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bakteriologi dan Farmakologi di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Uji Fitokimia dan Evaporasi dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Universitas Negeri Surabaya. Uji *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Surabaya. Sedangkan Uji *Particel Size Analyzer (PSA)* dilakukan di Laboratorium Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penelitian ini dilakukan selama kurang lebih tiga bulan, mulai bulan Agustus-Oktober 2024.

Tahapan pembuatan ekstrak maserasi yaitu dengan cara daging buah alpukat yang telah dikumpulkan sebanyak 3 kg akan dibersihkan terlebih dahulu, lalu dibelah menjadi dua bagian, dan daging buah alpukat diambil dengan cara dikerok. Setelah itu, daging buah alpukat akan dikeringkan untuk mengurangi kadar airnya sebelum dihaluskan atau diblender. Sebanyak 300 gram daging buah alpukat yang telah dihaluskan akan dimasukkan ke dalam wadah gelap dan ditambahkan 1000 mL etanol 96%. Selanjutnya melakukan proses maserasi selama 72 jam (3 x 24 jam) di tempat dingin dan terlindungi dari cahaya, dengan pengadukan setiap 4 jam sekali. Setelah itu, larutan yang diperoleh dari proses tersebut disaring dengan corong yang dilapisi kertas saring. Filtratnya dipisahkan dan etanolnya dihilangkan melalui proses evaporasi pada rotary evaporator dengan suhu tidak lebih dari 50°C, sehingga tersisa ekstrak yang mengandung air.

Selanjutnya, akan dilakukan uji fitokimia yaitu uji flavonoid dilakukan dengan penambahan 1 mL ekstrak dicampur dengan 3 mL etanol 70%, lalu dikocok, dipanaskan, dan dikocok lagi kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh, kemudian ditambahkan dengan Mg 0,1 g dan 2 tetes HCl pekat. Jika hasil uji positif untuk flavonoid, larutan tersebut akan menunjukkan warna merah. Uji saponin dilakukan dengan menaruh 1 mL ekstrak ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 10 mL air. Panaskan campuran di atas bunsen. Filtrat dikocok dan didiamkan selama 15 menit. Jika terdapat busa stabil (bertahan lama) maka hal tersebut menunjukkan hasil positif untuk saponin. Uji tanin melibatkan penambahan 1 mL ekstrak ke tabung reaksi dan dididihkan dengan 20 mL air, lalu disaring. tambahkan 2-3 tetes larutan FeCl₃ 1% pada filtrat yang diperoleh. Keberadaan tanin yang positif ditunjukkan dengan warna coklat kehijauan atau biru kehitaman. Uji alkaloid dilakukan dengan menambahkan 1 mL ekstrak, 1 mL kloroform, dan 1 mL amoniak (NH₃) dalam tabung reaksi, kemudian dipanaskan, dikocok, dan disaring. Filtrat dibagi menjadi 3 bagian dan dimasukkan ke dalam 3 tabung reaksi. Tambahkan masing-masing 3 tetes asam sulfat 2 N ke setiap tabung reaksi dan diuji dengan pereaksi Mayer, Wagner, dan Dragendorff. Keberadaan endapan putih dalam larutan menunjukkan hasil positif untuk alkaloid Mayer, endapan jingga untuk alkaloid Wagner, dan endapan coklat untuk alkaloid Dragendorff. Uji steroid dilakukan dengan cara menambahkan 1 mL ekstrak dicampur dengan 3 mL etanol 70% dan ditambahkan 2 mL asam sulfat pekat, kemudian ditambahkan 2 mL pereaksi Libermann-Burchard. Steroid dengan hasil positif ditandai dengan terjadinya perubahan warna menjadi ungu ke biru atau hijau. Uji triterpenoid dilakukan dengan cara menambahkan 1 mL ekstrak, kemudian ditambahkan 2 mL kloroform dan 3 mL H₂SO₄ pekat. Hasil positif triterpenoid ditandai dengan terbentuknya warna merah kecoklatan. Uji fenolik dilakukan dengan cara menambahkan 1 mL ekstrak ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL NaCl 1% dan gelatin 10%. Hasil positif fenolik ditandai dengan terbentuknya endapan putih.

Tahapan selanjutnya yaitu pembuatan nanopartikel ekstrak serta karakteristik nanopartikel ekstrak yaitu terlebih dahulu membuat larutan kitosan dan Na-TPP. Sebanyak 0,1 gram kitosan ditimbang, lalu ditambahkan 100 mL larutan asam asetat 1% dimasukkan ke dalam gelas beker berkapasitas 250 mililiter. Kemudian, dilanjutkan dengan menimbang 0,035 gram Na-TPP dan ditambahkan 35 mL aquades ke dalam gelas beker berkapasitas 250 mililiter. Setelah itu, akan dilakukan penimbangan 1 gram ekstrak buah alpukat. Kemudian, ekstrak etanol buah alpukat dicampur dengan 35 mL etanol 96%, 15 mL air destilasi, 100 mL larutan kitosan 0,1% dan 35 mL Na-TPP ke dalam gelas beker berukuran 1000 mL, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* 1500 rpm selama 20 menit dan diaduk kembali menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 1000 rpm selama 2 jam. Selanjutnya, koloid nanopartikel kitosan dan Na-TPP yang berasal dari ekstrak buah alpukat dipisahkan dengan melakukan sentrifugasi pada kecepatan 8000 rpm selama 10 menit. Pada tahap terakhir, padatan nanopartikel dari ekstrak etanol buah alpukat ditempatkan dalam lemari pendingin dengan suhu sekitar ±3°C hingga mencapai bentuk padatan kering.

Karakteristik nanopartikel ekstrak alpukat yang dilakukan diantaranya adalah uji PSA (*Particle Size Analyzer*) dan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*. Sebelum digunakan, alat *Particle Size Analyzer (PSA)* dipanaskan terlebih dahulu selama ± 20 menit. Setelah itu, perangkat komputer yang terhubung dengan alat dinyalakan. Kemudian mulai dilakukan pengaturan pada alat. Dengan menggunakan *vortex mixer* selama ± 1 menit, larutan nanopartikel ekstrak buah alpukat dikocok. Kemudian dimasukkan ke dalam cuvet yang bersih hingga terisi 2/3 cuvet. Kemudian, larutan standar dimasukkan ke dalam alat dan ditutup dengan sensor. Sebelum pengukuran dilakukan, suhu diatur terlebih dahulu pada 25°C dengan menekan menu "*Temp.Panel*". Kemudian, dengan menekan menu "*Auto1*" alat akan mengukur ukuran partikel secara otomatis. Sedangkan uji FTIR dilakukan dengan cara sebanyak 0,0020 g sampel nanopartikel ekstrak buah alpukat dan 0,1980 g KBr ditimbang, kemudian dihaluskan dan dicetak membentuk plat

tipis (transparan). Sampel dibaca menggunakan alat FTIR dengan serapan infra merah pada bilangan gelombang 4000–450 cm^{-1} . Selanjutnya kromatogram yang dihasilkan dianalisa lebih lanjut.

Tahapan terakhir yaitu dilakukan pengujian zona hambat dengan ekstrak etanol buah alpukat konsentrasi 25%, 50% dan 75% dan nanopartikel ekstrak etanol buah alpukat konsentrasi 25%, 50% dan 75% terhadap *Propionibacterium acne* menggunakan metode difusi cakram dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Kontrol negatif yang digunakan aquadest steril dan kontrol positif yang digunakan adalah kertas cakram antibiotik kloramfenikol. Uji aktivitas antibakteri menggunakan media MHA sebanyak 15 mL dengan suhu 45-50°C pada masing-masing cawan petri dan dibiarkan hingga memadat. Kapas bertangkai steril (*cotton swab*) dicelupkan ke dalam suspensi bakteri *Propionibacterium acne* menggunakan teknik steril. Kelebihan inokulum dihilangkan dengan menekan kapas jenuh ke dinding bagian dalam tabung, kemudian digoreskan ke seluruh permukaan media MHA secara merata hingga tepi cawan untuk memastikan pertumbuhan yang padat dan merata kemudian dibiarkan mengering selama 5 menit. Satu per satu cakram yang telah dicelupkan ke dalam masing-masing konsentrasi larutan uji ekstrak etanol buah alpukat dan nanopartikel ekstrak etanol buah alpukat diletakkan dengan jarak yang sama dengan menggunakan pinset steril. Untuk memastikan cakram melekat di permukaan media MHA secara perlahan tekan setiap cakram dengan pinset. Cawan diinkubasi dengan posisi terbalik pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah diinkubasi, zona hambat yang ditandai dengan daerah bening disekitar cakram diukur diameternya menggunakan jangka sorong digital dalam satuan millimeter (mm) hingga diperoleh nilai *Zone of Inhibition (ZOI)* atau nilai zona hambat. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan program SPSS kemudian dilihat normalitas data menggunakan uji Shapiro-Wilk. Hasil didapatkan data tidak terdistribusi normal, sehingga dilanjutkan analisis statistik menggunakan uji non-parametrik Friedman.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Maserasi

Buah alpukat (*Persea americana Mill*) dimaserasi menggunakan etanol 96%. Setelah dimaserasi akan dihitung rendemen dan didapatkan hasil rendemen sebesar 30%. Rendemen merupakan perbandingan antara hasil banyaknya metabolit yang didapatkan setelah proses ekstraksi dengan berat sampel yang digunakan. Rendemen dikatakan baik jika nilainya lebih dari 20% [18]. Rendemen yang baik dalam proses ekstraksi menggambarkan efisiensi yang tinggi dalam memperoleh hasil yang diinginkan dari bahan baku. Rendemen yang optimal menunjukkan bahwa proses ekstraksi berhasil mengisolasi komponen yang diinginkan secara maksimal, memaksimalkan jumlah ekstrak yang diperoleh dari bahan baku yang digunakan [19]. Karakteristik rendemen yang baik melibatkan beberapa aspek penting, seperti efisiensi ekstraksi, kualitas produk akhir, konsistensi proses, dan optimasi kondisi ekstraksi. Efisiensi ekstraksi yang tinggi menunjukkan bahwa komponen target dapat terisolasi secara efektif, namun rendemen yang tinggi tidak selalu menjamin kualitas produk yang baik. Kualitas produk akhir sangat penting, karena ekstrak yang diperoleh harus memenuhi standar kemurnian yang ditetapkan, bebas dari komponen yang tidak diinginkan [20]. Selain itu, konsistensi dalam proses ekstraksi sangat diperlukan agar hasil yang diperoleh tidak fluktuatif dari satu batch ke batch lainnya, yang sering kali terjadi karena variasi dalam pengaturan proses [19]. Faktor penting lainnya adalah optimasi kondisi ekstraksi, seperti pemilihan jenis pelarut, suhu, waktu ekstraksi, dan rasio bahan terhadap pelarut. Semua faktor ini harus diatur dengan tepat untuk mencapai rendemen yang optimal, memastikan bahwa ekstraksi berjalan dengan efisien, menghasilkan produk berkualitas tinggi, dan dapat diulang dengan hasil yang konsisten [20].

Tabel 1. Hasil Proses Ekstrak Maserasi

Sampel	Hasil Maserasi
Bobot Basah	3000 gram
Bobot Kering	2000 gram
Bobot Serbuk	300 gram
Bobot Kental	90 gram
Rendemen	30 %

B. Uji Fitokimia

Untuk mengetahui kandungan ekstrak buah alpukat dilakukan uji fitokimia. Uji fitokimia adalah serangkaian tes atau analisis untuk mendeteksi dan mengidentifikasi senyawa-senyawa kimia aktif (fitokimia) yang terdapat dalam bahan tumbuhan. Senyawa-senyawa ini, seperti alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan terpenoid, memiliki potensi sebagai bahan obat atau zat bioaktif lainnya. Uji fitokimia dilakukan dengan menggunakan reagen dan metode khusus

untuk setiap jenis senyawa, sehingga dapat diketahui jenis dan jumlah senyawa aktif yang terkandung dalam tanaman tertentu [21]. Hasil dari uji fitokimia pada ekstrak alpukat (*Persea americana Mill*) dapat dilihat pada tabel 2 :

Tabel 2. Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana Mill*)

Uji Fitokimia	Pereaksi	Hasil (Terbentuknya)	Kesimpulan (+)/(-)
Alkaloid	Mayer	Endapan putih	+
	Wagner	Endapan coklat	+
	Dragendorff	Endapan jingga	-
Flavonoid	Mg + HCl pekat + etanol	Warna merah	+
Saponin	-	Adanya busa stabil	+
Steroid	Libermann-Burchard	Ungu ke biru/hijau	+
Triterpenoid	Kloroform + H ₂ SO ₄ pekat	Merah kecoklatan	+
Fenolik	NaCl 10% + Gelatin 1 %	Endapan Putih	+
Tanin	FeCl ₃ 1%	Coklat Kehijauan	+

Keterangan : (+) : Mengandung senyawa

(-) : Tidak mengandung senyawa

Kandungan senyawa dalam buah alpukat dipengaruhi oleh proses ekstraksi yang dilakukan. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil ekstraksi meliputi durasi ekstraksi, jenis, dan jumlah pelarut yang digunakan [22]. Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa buah alpukat mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, triterpenoid, fenolik, dan tanin. Kandungan ini dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan, serta perubahan fisiologis dan biokimia dalam buah alpukat [23].

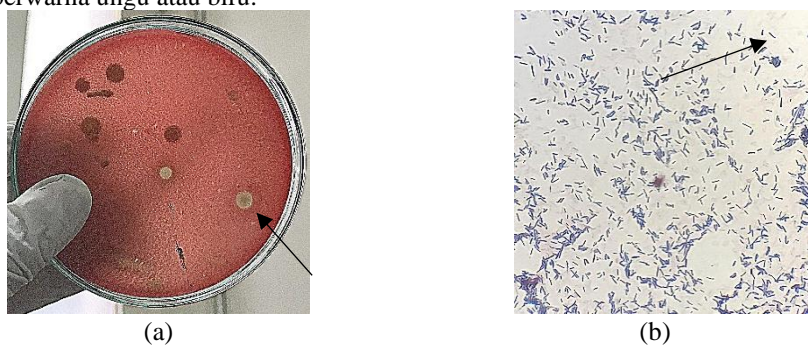
Ekstrak buah alpukat mengandung flavonoid yang ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi merah, yang berfungsi efektif sebagai antibakteri. Flavonoid berperan sebagai antibakteri dengan cara membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler yang dapat mengganggu integritas membran sel bakteri [24]. Saponin pada ekstrak buah alpukat menunjukkan hasil positif dengan terbentuknya busa stabil karena sifat fisik saponin yang mudah larut dalam air [25]. Saponin adalah zat aktif yang dapat meningkatkan permeabilitas membran sel, yang dapat menyebabkan hemolisis. Ketika saponin berinteraksi dengan sel bakteri atau jamur, sel-sel ini akan mengalami kerusakan atau lisis [26]. Sementara itu, senyawa steroid menunjukkan hasil positif dengan terjadinya perubahan warna hijau atau kebiruan. Perubahan warna yang biasanya terjadi disebabkan oleh reaksi antara steroid dengan asetat anhidridat, yang menghasilkan kompleks asetil steroid [27]. Mekanisme kerja steroid sebagai antibakteri adalah dengan cara merusak membran sel bakteri [28]. Mekanisme kerja steroid sebagai antibakteri dalam menghambat pertumbuhan *Propionibacterium acne* berhubungan dengan membran lipid dan sensitivitas terhadap komponen steroid yang menyebabkan kebocoran pada liposom bakteri. 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 [17]. Tanin dalam ekstrak buah alpukat menunjukkan hasil positif dengan perubahan warna menjadi coklat kehijauan, karena reaksi senyawa tanin dengan Fe³⁺ [29]. Tanin memiliki sifat antibakteri dengan cara mengkerutkan dinding atau membran sel, yang mengganggu permeabilitas bakteri dan menghambat aktivitas kehidupannya, sehingga pertumbuhannya terhenti [30]. Senyawa fenolik menunjukkan hasil positif dengan adanya endapan putih yang terbentuk dari penggunaan NaCl 10% dan Gelatin 1%. Mekanisme kerja senyawa fenolik sebagai antibakteri adalah dengan mendenaturasi protein di dalam sel. Pembentukan ikatan hidrogen antara fenol dan protein menyebabkan kerusakan pada struktur protein. Kerusakan ini dapat mengganggu permeabilitas dinding sel dan membran sitoplasma, yang pada gilirannya menyebabkan ketidakseimbangan makromolekul dan ion dalam sel, sehingga akhirnya dapat menyebabkan lisis [31]. Triterpenoid menghasilkan perubahan warna menjadi merah kecoklatan, yang terjadi akibat reaksi ekstrak buah alpukat dengan kloroform dan H₂SO₄ pekat. Senyawa triterpenoid dapat menyebabkan lisis pada sel bakteri dengan cara berikatan dengan protein, lipid, dan karbohidrat yang ada pada membran sel. Triterpenoid menghambat pertumbuhan dan membunuh mikroba dengan mengganggu proses pembentukan membran atau dinding sel, sehingga membran atau dinding sel terbentuk secara tidak sempurna atau bahkan tidak terbentuk sama sekali [32]. Pengujian alkaloid dilakukan menggunakan tiga pereaksi: Mayer yang menghasilkan endapan putih, Wagner yang menghasilkan endapan coklat, dan Dragendorff yang menghasilkan endapan jingga. Alkaloid bekerja dengan menghambat pembentukan peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk dengan sempurna dan menyebabkan kematian bakteri [24].

Dari uji fitokimia yang dilakukan menunjukkan bahwa hasil flavonoid, saponin, steroid, triterpenoid, fenolik, tanin, dan alkaloid positif. Walaupun dalam uji Alkaloid menunjukkan bahwa dari ketiga pereaksi Mayer dan Wagner menunjukkan hasil positif dan Dragendorff menunjukkan hasil negatif maka hasil uji alkaloid tetap dikatakan positif. Perbedaan hasil positif pada uji Mayer dan Wagner tetapi negatif pada uji Dragendorff dalam deteksi alkaloid dapat dijelaskan oleh perbedaan sensitivitas dan spesifisitas dari masing-masing pereaksi. Pereaksi Mayer (kalium merkuri iodida) dan Wagner (iodium dalam kalium iodida) lebih sensitif terhadap berbagai jenis alkaloid dan cenderung

memberikan hasil positif meskipun konsentrasi alkaloid rendah atau struktur kimia alkaloid tidak terlalu spesifik. Kedua pereaksi ini bekerja dengan membentuk endapan yang menandakan adanya alkaloid, sehingga sering menunjukkan hasil positif untuk banyak jenis alkaloid [33]. Di sisi lain, pereaksi Dragendorff (bismut kalium iodida) lebih spesifik dan memerlukan jenis alkaloid tertentu serta konsentrasi yang lebih tinggi untuk menghasilkan reaksi positif. Struktur kimia alkaloid yang memiliki sifat sterik atau elektronik yang menghalangi interaksi dengan ion bismut dalam pereaksi Dragendorff dapat menyebabkan hasil uji menjadi negatif, meskipun alkaloid tersebut terdeteksi oleh Mayer dan Wagner. Hal ini terutama terjadi pada alkaloid yang memiliki struktur kimia yang tidak cocok dengan mekanisme reaksi Dragendorff [34].

C. Identifikasi *Propionibacterium acne*

Uji identifikasi yang digunakan untuk mengetahui morfologi dan jenis bakteri yaitu dengan pengamatan makroskopik dan mikroskopik melalui pewarnaan Gram. Pada pengamatan makroskopik dalam media BAP (*Blood Agar Plate*) ditemukan koloni dengan bentuk circular (bulat) dengan ukuran sedang, berwarna putih dan kuning, tepi entire (rata), elevasi berbentuk convex (cembung), dan bakteri *Propionibacterium acne* pada media BAP tidak menyebabkan hemolisis atau biasa disebut dengan gamma-hemolisis (γ -hemolisis) yang ditandai dengan tidak adanya zona bening atau zona hijau dan media tetap berwarna merah. Hal ini menandakan bahwa bakteri *Propionibacterium acne* tidak menghasilkan hemolisin atau enzim yang dapat menghancurkan sel darah merah. Sedangkan pada pengamatan mikroskopik dengan menggunakan pewarnaan Gram didapatkan hasil bakteri gram positif dengan bakteri berbentuk basil dan berwarna ungu atau biru.



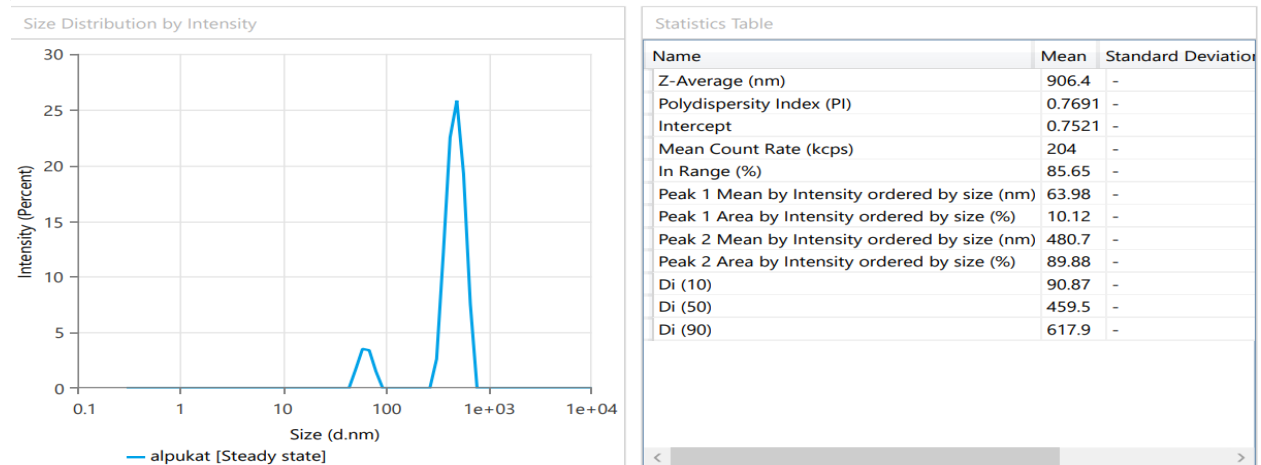
Gambar 1. Hasil Karakteristik Bakteri Uji (a) Hasil penanaman bakteri *P. acne* pada media selektif BAP (b) Hasil pewarnaan gram bakteri *P. acne* dan pengamatan mikroskop pada perbesaran 100x

D. Nanopartikel Ekstrak Alpukat (*Persea americana Mill*)

Nanopartikel merupakan partikel padat berukuran koloid dengan diameter berkisar antara 1-1000 nm. Pembuatan nanopartikel berupa koloid menghasilkan endapan nanopartikel hasil sentrifuge berwarna putih. Salah satu metode yang efektif dan umum digunakan dalam pembuatan nanopartikel yaitu metode gelas ionik. Metode gelas ionik ini menjadi metode yang efektif dalam pembentukan nanopartikel karena keunggulannya, seperti proses yang sederhana, penggunaan pelarut non-organik, serta kemudahan dalam prosesnya. Namun, kekurangan metode gelas ionik ini yaitu distribusi ukuran partikel bisa bervariasi dan stabilitas nanopartikel tergantung pada pH dan lingkungan [15]. Metode gelas ionik menghasilkan nanopartikel melalui proses ikatan silang antara polielektrolit dengan pasangan ion multivalen. Interaksi elektrostatik antara gugus amina (NH_3^+) pada kitosan dan gugus bermuatan negatif (PO_4^{3-}) dari NaTPP menyebabkan terbentuknya ikatan silang, yang meningkatkan kekuatan mekanis partikel yang dibuat dalam penelitian ini [35]. Penelitian ini menggunakan polimer kitosan karena memiliki sifat bioaktif, biokompatibel, pengkelat, antibakteri, dan biodegradabel. Namun, kitosan cepat menyerap air dan memiliki derajat pembengkakan yang tinggi di lingkungan berair, sehingga sistem penghantaran dan pelepasan obat untuk aplikasi biologis dan medis kurang efektif. Untuk menghasilkan turunan kitosan dengan biokompatibilitas yang lebih baik dan derajat pembengkakan yang lebih rendah, NaTPP perlu ditambahkan. Penggunaan agen crosslinker NaTPP dalam dosis rendah bertujuan untuk menghindari ikatan berlebihan antara polianion TPP dan gugus amina pada kitosan. Metode gelas ionik digunakan dengan pasangan polimer kitosan dan NaTPP. Interaksi elektrostatik antara gugus amina pada kitosan dan gugus negatif pada polianion, seperti tripolifosfat, menyebabkan terbentuknya nanopartikel kitosan. Dibandingkan dengan metode lainnya, metode gelas ionik lebih sederhana untuk digunakan. Kitosan yang terlarut dalam asam asetat kemudian dicampurkan dengan polianion atau polimer anionik. Dengan menggunakan pengaduk magnetik pada suhu ruangan, nanopartikel terbentuk secara spontan. Mengubah rasio antara kitosan dan NaTPP memungkinkan penyesuaian ukuran dan struktur permukaan partikel [36].

E. Ukuran Partikel

Ukuran partikel merupakan karakteristik nanopartikel yang penting karena menentukan distribusi obat, toksisitas, mempengaruhi *drug loading*, *drug release*, dan kestabilan sistem nanopartikel [37]. Ukuran dan distribusi ukuran partikel nanopartikel dapat diukur menggunakan Alat *Particle Size Analyzer* (PSA).

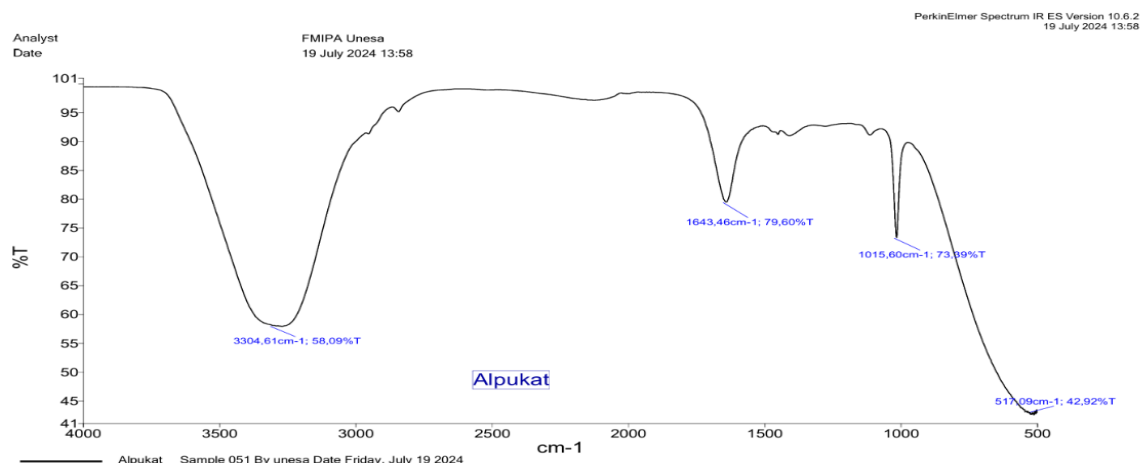


Gambar 2. Hasil Uji *Particle Size Analyzer* (PSA)

Gambar 2. Menunjukkan hasil pengujian nanopartikel dari ekstrak buah alpukat (*Persea americana Mill*) yang dilakukan dengan menggunakan alat *Particle Size Analyzer* (PSA) menunjukkan ukuran partikel sekitar $\pm 906,4$ nm dan mempunyai nilai PI (Polydispersity Index) di bawah 1, hal tersebut menunjukkan bahwa membunyai ukuran partikel yang homogen dan cenderung seragam. Nilai indeks polidesperasi yang lebih tinggi dari satu mengakibatkan partikel yang terbentuk lebih besar dan cenderung tidak seragam [5]. Alat PSA banyak digunakan untuk menguji sampel-sampel dalam ukuran nanometer dan submikron. Biasanya material atau sampel memiliki kecenderungan menggumpal yang tinggi. Pada pengecekan menggunakan PSA ini, sampel serbuk didispersikan ke dalam media, sehingga partikel tidak saling beraglomerasi (menggumpal). Hal ini dapat menghasilkan ukuran partikel yang terbaca adalah ukuran dari partikel tunggal (single particle). Bentuk dari hasil pengukuran adalah berupa distribusi, sehingga kondisi hasil pengukuran sampel yang diambil dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel [38].

F. Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transformed Infrared* (FT-IR) pada Material Nanopartikel Ekstrak Alpukat (*Persea americana Mill*)

Tahap FT-IR bertujuan untuk melihat karakterisasi secara kimia yaitu mengetahui gugus fungsi dalam larutan nanopartikel ekstrak buah alpukat (*Persea americana Mill*). FT-IR digunakan untuk analisis kualitatif dengan memeriksa absorbansi pada sinar inframerah. Selain itu, karakterisasi dengan FT-IR bertujuan untuk mengidentifikasi jenis vibrasi ikatan antar atom dalam gugus fungsional tertentu yang terdeteksi pada bilangan gelombang $4.000-500$ cm^{-1} [39]. Hasil karakterisasi FT-IR pada larutan nanopartikel ekstrak buah alpukat (*Persea americana Mill*) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Karakterisasi FT-IR Nanopartikel Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana Mill*)

Hasil analisis spektrum FT-IR mengindikasikan adanya beberapa pita serapan yang signifikan, yang masing-masing mewakili gugus fungsi tertentu dalam senyawa yang dianalisis. Pada spektrum yang ditampilkan pada gambar 3, pita serapan pertama terdeteksi pada bilangan gelombang 3304,61 cm^{-1} dengan tingkat transmisi 58,09%. Pita ini menunjukkan regangan pada gugus hidroksil (OH), yang berasal dari vibrasi ikatan hidrogen intramolekul. Kehadiran gugus OH ini sering kali menunjukkan adanya alkohol atau asam karboksilat dalam senyawa. Pita serapan kedua terletak pada bilangan gelombang 1643,46 cm^{-1} dengan tingkat transmisi sebesar 79,60%, menunjukkan adanya gugus karbonil (C=O) yang biasanya ditemukan pada aldehida, keton, atau asam karboksilat. Pita serapan ketiga terdeteksi pada bilangan gelombang 1015,60 cm^{-1} dengan tingkat transmisi 73,39%, menandakan regangan pada gugus C-O-C (eter) atau C-O-H (alkohol). Puncak ini menunjukkan adanya ikatan oksigen-karbon dalam struktur senyawa. Terakhir, terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 517,09 cm^{-1} dengan tingkat transmisi 42,92%, yang menunjukkan regangan pada gugus C-H aromatik, biasanya ditemukan dalam senyawa aromatik yang mengandung cincin benzena. Secara keseluruhan, spektrum FT-IR dari nanopartikel ekstrak buah alpukat (*Persea americana Mill*) ini mengidentifikasi keberadaan gugus hidroksil (OH), karbonil (C=O), eter/alkohol (C-O-C/C-O-H), dan C-H aromatik, yang memberikan wawasan mengenai komposisi kimia dan struktur molekul senyawa tersebut.

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) memiliki peran penting dalam mengidentifikasi senyawa aktif yang berkontribusi terhadap daya hambat bakteri. FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi gugus fungsi dalam suatu senyawa, baik dalam bentuk ekstrak murni maupun setelah proses sintesis nanopartikel. Keberadaan gugus fungsi seperti -OH (hidroksil), -C=O (karbonil), dan -NH (amina) yang terdeteksi dalam spektrum FTIR dapat mengindikasikan adanya senyawa antibakteri seperti flavonoid, tanin, alkaloid, dan saponin. Senyawa-senyawa ini diketahui memiliki kemampuan untuk merusak dinding sel bakteri, menghambat sintesis protein, atau mengganggu metabolisme mikroba, sehingga berkontribusi terhadap terbentuknya zona hambat dalam uji daya hambat. FTIR juga digunakan untuk memastikan keberhasilan enkapsulasi senyawa aktif dalam nanopartikel tanpa degradasi, serta untuk menganalisis perubahan struktural setelah interaksi dengan bakteri [17].

G. Uji Daya Hambat Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana Mill*) dan Nanopartikel Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana Mill*)

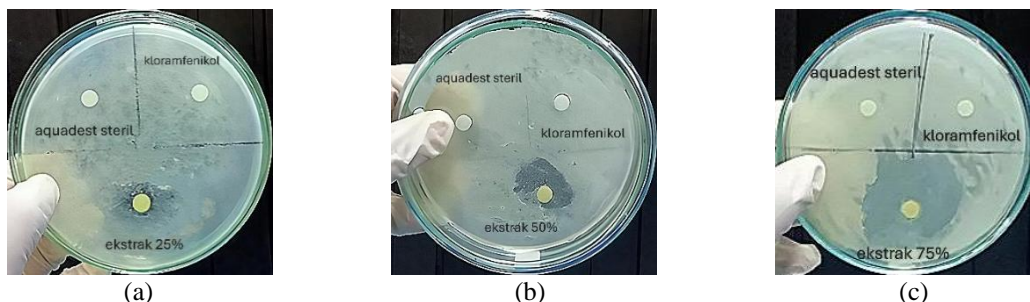
Penelitian ini menggunakan metode difusi untuk menguji efektivitas ekstrak buah alpukat (*Persea americana Mill*) terhadap *Propionibacterium acne*. Zona bening yang terbentuk di sekitar *paper disc* menunjukkan adanya hambatan pertumbuhan koloni bakteri *Propionibacterium acne*. Diameter zona hambat yang terbentuk diukur dengan jangka sorong dan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Semakin besar zona hambat yang terbentuk, semakin tinggi pula aktivitas antibakteri dari buah alpukat. Diameter zona hambat yang dihasilkan oleh variasi konsentrasi ekstrak alpukat 25%, 50%, dan 75% dibandingkan dengan zona hambat di sekitar *paper disc* yang mengandung Kloramfenikol 250 mg yang digunakan sebagai kontrol positif dan aquades sebagai kontrol negatif. Apabila besar zona hambat ≤ 15 mm maka dikategorikan sebagai resisten, pada rentang 16-20 dikategorikan sebagai intermediet, dan apabila ≥ 21 mm dikategorikan sebagai sensitive [40].

Tabel 3 Hasil Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana Mill*) dan Hasil Uji Efektivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana Mill*)

Hasil Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Buah Alpukat (<i>Persea americana Mill</i>)			
No.	Konsentrasi (%)	Rata-Rata Diameter (mm)	Keterangan
1	Kontrol Positif Kloramfenikol 100%	6	Resisten
2	Kontrol Negatif Aquades Steril	0	Resisten
3	Ekstrak Alpukat 25%	16,50	Intermediet
4	Ekstrak Alpukat 50%	13,26	Intermediet
5	Ekstrak Alpukat 75%	32,27	Sensitif
Hasil Uji Efektivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Buah Alpukat (<i>Persea americana Mill</i>)			
No.	Konsentrasi (%)	Rata-Rata Diameter (mm)	Keterangan
1	Kontrol Positif Kloramfenikol 100%	6	Resisten
2	Kontrol Negatif Aquades Steril	0	Resisten
3	Nanopartikel Ekstrak Alpukat 25%	6	Resisten
4	Nanopartikel Ekstrak Alpukat 50%	6	Resisten
5	Nanopartikel Ekstrak Alpukat 75%	6	Resisten

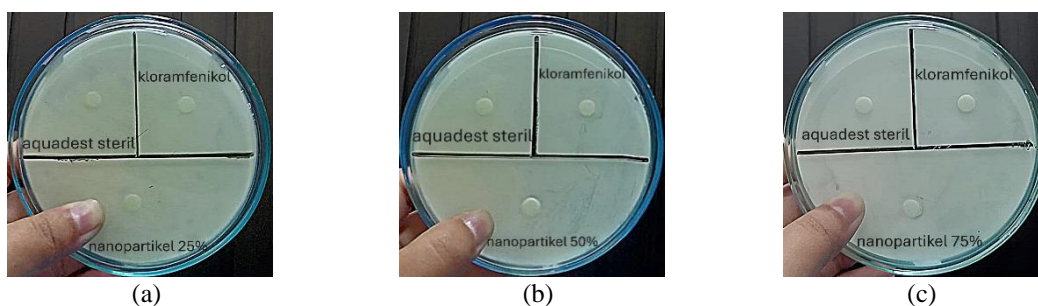
Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 3 menunjukkan bahwa ekstrak alpukat pada konsentrasi 25% menghasilkan zona hambat minimal (ZHM) dengan interpretasi intermediet dengan diameter rata-rata 16,50 mm, pada konsentrasi 50% hasil ZHM juga masuk dalam kategori intermediet dengan diameter rata-rata 13,26 mm, dan pada konsentrasi 75% hasil ZHM termasuk dalam kategori sensitif dengan diameter rata-rata 32,27 mm. Pembentukan zona hambat ini dipengaruhi oleh senyawa yang terkandung dalam buah alpukat seperti alkaloid, flavonoid, saponin, steroid,

triterpenoid, fenolik, dan tannin. Senyawa-senyawa tersebut memiliki potensi sebagai antioksidan dan antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.



Gambar 4. Hasil Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Alpukat (*Persea americana Mill*) dan kelompok kontrol

Hasil pengukuran zona hambat dari nanopartikel ekstrak alpukat (*Persea americana Mill*) pada tabel 4 pada konsentrasi 25%, 50%, dan 75% menunjukkan ukuran sebesar 6 mm. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel ekstrak alpukat memiliki daya hambat yang bersifat resisten. Pada kontrol negatif, tidak ditemukan zona hambat sama sekali, sedangkan kontrol positif dengan antibiotik kloramfenikol menunjukkan daya hambat yang bersifat resisten. Pembentukan zona hambat pada nanopartikel dipengaruhi oleh larutan kitosan, yang memiliki kemampuan untuk menghambat bakteri. Ada dua mekanisme kemungkinan dari kitosan sebagai antibakteri. Pertama, kitosan menempel pada permukaan sel bakteri, membentuk lapisan polimer yang dapat mencegah masuknya nutrisi ke dalam sel, sehingga menyebabkan sel bakteri mati. Kedua, kitosan dengan bobot molekul rendah dapat masuk ke dalam sel dan meliputi sel, karena kitosan dapat mengadsorpsi substansi elektro-negatif dalam sel, yang mengganggu aktivitas bakteri [14].



Gambar 5. Hasil Uji Efektivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Alpukat (*Persea americana Mill*) dan kelompok kontrol

Berdasarkan hasil pengukuran zona hambat yang telah dilakukan terlihat pada tabel 4 bahwa ekstrak alpukat tanpa nanopartikel menunjukkan diameter zona hambat yang lebih besar terhadap bakteri *Propionibacterium acne*. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh [41] yang menggunakan ekstrak alpukat dengan etanol 96% ditemukan aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi 100%. [13] juga melaporkan bahwa ekstrak alpukat menggunakan metode maserasi dengan etanol 96% memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis* pada konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%. Selain itu, ada juga penelitian yang dilakukan oleh [6] yang menggunakan ekstrak alpukat dengan etanol 96% ditemukan aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif *Propionibacterium acne* pada konsentrasi 5%, 7%, dan 7,5%. Sementara itu, pada uji dengan nanopartikel yang telah dilakukan pada konsentrasi 25%, 50%, dan 75%, hasil menunjukkan resistensi terhadap bakteri *Propionibacterium acne*.

Ekstrak alpukat dapat lebih efektif menghambat pertumbuhan zona hambat bakteri dibandingkan nanopartikel ekstrak karena sifat fisik dan kimianya yang lebih stabil dan lebih mudah diakses oleh bakteri. Ekstrak kental mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, tanin, alkaloid, dan saponin dalam bentuk yang lebih konsentrasi. Senyawa-senyawa ini memiliki sifat antibakteri alami yang efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara merusak membran sel bakteri atau menghambat fungsi enzim esensial bakteri [13]. Sementara itu, nanopartikel yang tidak stabil atau menggumpal akan mengurangi luas permukaan aktif yang dapat berinteraksi dengan mikroorganisme, sehingga menurunkan efektivitasnya. Proses sintesis nanopartikel turut menentukan ukuran, bentuk, dan distribusi partikel, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap aktivitas antibakteri dalam pengujian zona hambat. Selain itu, ukuran partikel juga mempengaruhi efektivitas nanopartikel terhadap pertumbuhan bakteri, semakin kecil ukuran nanopartikel, semakin unik sifat fisik kimianya, seperti luas permukaan yang lebih besar dan peningkatan

reaktivitas yang dapat memperkuat interaksi antar-muatan pada permukaan bakteri dan menghasilkan efek antimikroba yang lebih kuat. Dengan luas permukaan yang besar, nanopartikel dapat lebih mudah menempel pada permukaan sel bakteri sehingga menyebabkan ketidakstabilan membran sel serta kebocoran komponen intraseluler, yang pada akhirnya berujung pada kematian sel [17].

Uji normalitas zona hambat dilakukan dengan metode Shapiro-Wilk, karena jumlah data kurang dari 50, dan diperoleh p-value 0,071 untuk ekstrak buah alpukat, sedangkan p-value untuk nanopartikel ekstrak buah alpukat adalah 0,000. Data dianggap terdistribusi normal jika p-value >0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data zona hambat dari nanopartikel ekstrak alpukat tidak terdistribusi normal. Maka untuk menguji hipotesis akan digunakan uji non-parametrik Friedman yang digunakan untuk menilai perbedaan signifikan antara beberapa kelompok yang terkait atau pengukuran berulang pada data non-parametrik. Hasil uji non-parametrik Friedman menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$ yaitu 0,000. Berdasarkan nilai tersebut maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan zona hambat antara ekstrak buah alpukat dan nanopartikel ekstrak buah alpukat.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa uji antibakteri ekstrak alpukat tanpa nanopartikel terhadap *Propionibacterium acne* pada konsentrasi 25% dan 50% mampu membentuk zona hambat yang tergolong intermediet dan pada konsentrasi 75% mampu membentuk zona hambat dengan kategori sensitif. Sedangkan, pada uji antibakteri nanopartikel ekstrak terhadap pertumbuhan *Propionibacterium acne* dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75% menghasilkan zona hambat yang tergolong resisten. Berdasarkan analisis data uji nonparametrik Friedman menunjukkan nilai ($p < 0,05$) yaitu 0,000, yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada zona hambat antara ekstrak buah alpukat dan nanopartikel ekstrak buah alpukat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak Laboratorium Bakteriologi dan Farmakologi di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, serta kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

- [1] W. Madelina dan Sulistiyaningsih, "Review: Resistensi Antibiotik Pada Terapi Pengobatan Jerawat," *Farmaka*, vol. 16, no. 2, pp. 105–117, 2018. [Online]. Available: <https://jurnal.unpad.ac.id/farmaka/article/view/17665>
- [2] R. T. Lestari *et al.*, "Perilaku Mahasiswa Terkait Cara Mengatasi Jerawat," *Jurnal Farmasi Komunitas*, vol. 8, no. 1, pp. 15–19, 2021, doi: <https://doi.org/10.20473/jfk.v8i1.21922>
- [3] Kementerian Kesehatan RI, *Buku Media KIE Aku Bangsa Aku Tahu*, Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2012.
- [4] E. Okoro, A. Ogunbiyi, dan A. George, "Prevalence and Pattern of Acne Vulgaris Among Adolescents in Ibadan, South-West Nigeria," *Journal of the Egyptian Woman's Dermatologic*, vol. 13, no. 1, pp. 7–12, 2016, doi: <https://doi.org/10.1097/01.EWX.0000470561.85599.0d>
- [5] R. Ramdani dan H. T. Sibero, "Treatment for Acne Vulgaris," *J Majority*, vol. 4, no. 2, pp. 87–95, 2015. [Online]. Available: <https://joke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/majority/article/view/531>
- [6] B. Yuliana, A. W. Suleman, R. Alyidrus, dan R. I. Pratiwi, "Formulasi dan Uji Aktivitas Sediaan Gel Anti Jerawat Ekstrak Etanol Daun Alpukat (*Persea americana* Mill) Terhadap *Propionibacterium acne*," *Jurnal Ilmiah Jophus*, vol. 4, no. 2, pp. 49–56, 2023, doi: <https://doi.org/10.46772/jophus.v4i02.899>
- [7] N. Rahayu, "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Pagoda (*Clerodendrum paniculatum* L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus aureus*, dan *Staphylococcus epidermidis*," Skripsi, Fakultas Farmasi dan Kesehatan, Institut Kesehatan Helvetia, Medan, 2019. [Online]. Available: <http://helvetia.repository.ac.id/>
- [8] Y. Achermann, E. J. C. Goldstein, T. Coenye, dan M. E. Shirliff, "*Propionibacterium acnes*: from Commensal to Opportunistic Biofilm-Associated Implant Pathogen," *Clinical Microbiology Reviews*, vol. 27, no. 3, pp. 419–440, 2014, doi: <https://doi.org/10.1128/CMR.00092-13>
- [9] W. L. Clark *et al.*, "Treatment Strategies and Visual Acuity Outcomes in Chronic Postoperative *Propionibacterium acnes* Endophthalmitis," *Ophthalmology*, vol. 106, no. 9, pp. 1665–1670, 1999, doi: [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(99\)90348-2](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(99)90348-2)
- [10] R. J. Cohen *et al.*, "*Propionibacterium acnes* Associated With Inflammation in Radical Prostatectomy Specimens: A Possible Link to Cancer Evolution?," *Journal of Urology*, vol. 173, no. 6, pp. 1969–1974, 2005, doi: <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000158161.15277.78>
- [11] P. Boisrenoult, "*Cutibacterium acnes* Prosthetic Joint Infection: Diagnosis and Treatment," *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*, vol. 104, no. 1, pp. S19–S24, 2018. doi: 10.1016/j.otsr.2017.05.030.

- [12] A. Noviyani, "Review: Potensi Tanaman Alpukat (*Persea americana*) Sebagai Zat Aktif Dalam Formulasi Sediaan Krim Anti Jerawat," *Prosiding Workshop Dan Seminar Nasional Farmasi*, vol. 1, no. 1, pp. 371–384, 2022. doi: 10.24843/WSNF.2022.v01.i01.p29.
- [13] A. A. Lenny, "Daya Hambat Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*," *Skripsi*, Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, 2016. [Online]. Available: <http://repository.unimus.ac.id/id/eprint/115>.
- [14] S. Kumowal, Fatimawali, and I. Jayanto, "Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Lengkuas Putih (*Alpinia galanga* (L.) Willd) Terhadap Bakteri *Klebsiella pneumoniae*," *Pharmakon*, vol. 8, no. 4, pp. 781–790, 2019. doi: 10.35799/pha.8.2019.29354.
- [15] D. Fitri, N. Z. W. Kiromah, and T. C. Widiastuti, "Formulasi dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Pada Berbagai Variasi Komposisi Kitosan Dengan Metode Gelasi Ionik," *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, vol. 5, no. 1, p. 61, 2020. doi: 10.20961/jpscr.v5i1.39269.
- [16] I. S. I. Al-Adham et al., "Sporadic Regional Re-emergent Cholera: A 19th Century Problem in The 21st Century," *Journal of Applied Microbiology*, 2024. doi: 10.1093/jambio/lxae055.
- [17] H. N. Siregar, Y. P. Rahayu, H. M. Nasution, and M. P. Nasution, "Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Matoa (*Pometia pinnata* J.R. Forst & G. Forst) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*," *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, vol. 5, no. 1, pp. 24–41, 2023. doi: 10.33759/jrki.v5i1.329.
- [18] K. Putriani, A. P. Dewi, R. Lestari, and N. A. Syamsuri, "Uji Aktivitas Antibakteri Daging Buah Alpukat dan Ekstrak Etanol Daging Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) Terhadap *Escherichia coli*," *Jurnal Ilmiah Farmasi Simplisia*, vol. 2, no. 1, pp. 23–29, 2022. doi: 10.30867/jifs.v2i1.13.
- [19] N. P. P. Aristyanti, N. M. Wartini, and I. B. W. Gunam, "Rendemen dan Karakteristik Ekstrak Pewarna Bunga Kenikir (*Tagetes erecta* L.) Pada Perlakuan Jenis Pelarut dan Lama Ekstraksi," *Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, vol. 5, no. 3, pp. 13–23, 2017. [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jtip/article/view/34075>.
- [20] H. Wijaya, S. Jubaidah, and R. Rukayyah, "Perbandingan Metode Esktraksi Terhadap Rendemen Ekstrak Batang Turi (*Sesbania grandiflora* L.) Dengan Menggunakan Metode Maserasi dan Sokhletasi," *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2022. doi: 10.35473/ijpnp.v5i1.1469.
- [21] H. M. Rumagit, "Uji Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Etanol Spons *Lamellodysidea Herbacea*," *Pharmakon*, vol. 4, no. 3, pp. 183–192, 2015. doi: 10.35799/pha.4.2015.8858.
- [22] M. A. P. Suharto, H. J. Edy, dan J. M. Dumanauw, "Isolasi dan Identifikasi Senyawa Saponin Dari Ekstrak Metanol Batang Pisang Ambon (*Musa var. sapientum* L.)," *Pharmakon*, vol. 1, no. 2, pp. 86–92, 2012. doi: 10.35799/pha.1.2012.914.
- [23] K. Venkatachalam, "Changes in Phytochemicals and Antioxidant Properties of Kaffir Lime Leaves under Chilling Storage," *Khon Kaen Agricultural Journal*, vol. 47, Suppl.1, 2019.
- [24] F. Juliantina, D. A. Citra, dan B. Nirwani, *Manfaat Sirih Merah (*Piper crocatum*) Sebagai Agen Antibakterial Terhadap Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif*, Yogyakarta: UII Press, 2008.
- [25] M. Mailuhu, M. R. J. Runtuwene, dan H. S. J. Koleangan, "Skринing Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Kulit Batang Soyogik (*Saurauia bracteosa* DC)," *Journal Unsrat*, vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [26] P. Utami, *Buku Pintar Tanaman Obat*, Tangerang: Agro Media, 2008.
- [27] F. T. Rahmah, "Uji Fitokimia Ekstrak Tanaman Anting-Anting (*Acalypha indica* Linn) dengan Variasi Pelarut dan Uji Toksisitas Menggunakan *Brine Shrimp* (*Artemia salina* Leach)," Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maliki, Malang, Indonesia, 2018.
- [28] D. T. Monalisa, Handayani, dan D. Sukmawati, "Uji Daya Antibakteri Ekstrak Daun Tapak Liman (*Elephantopus scaber* L.) Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi*," *Jurnal BIOMIA*, vol. 9, no. 2, pp. 13–20, 2011.
- [29] M. Sangi, M. R. J. Runtuwene, H. E. I. Simbala, dan V. M. A. Makang, "Analisis Fitokimia Tumbuhan Obat di Kabupaten Minahasa Utara," *Journal Unsrat*, vol. 1, no. 1, pp. 47–53, 2008. doi: 10.35799/cp.1.1.2008.26.
- [30] A. Ajizah, "Sensitivitas *Salmonella typhimurium* Terhadap Ekstrak Daun *Psidium guajava* L.," *Bioscientiae*, vol. 1, no. 1, pp. 31–38, 2004. doi: 10.20527/b.v1i1.130.
- [31] L. Bouarab-Chibane, V. Forquet, P. Lantéri, Y. Clément, L. Léonard-Akkari, N. Oulahal, P. Degraeve, dan C. Bordes, "Antibacterial Properties of Polyphenols: Characterization and QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship) Models," *Frontiers in Microbiology*, vol. 10, p. 829, 2019. doi: 10.3389/fmicb.2019.00829.
- [32] I. P. Sari, M. A. Wibowo, dan S. Arreneuz, "Aktivitas Antibakteri Ekstrak Teripang Butoh Keling (*Holothuria leucospilota*) dari Pulau Lemukutan terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus epidermidis*," *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan (JKK)*, vol. 4, no. 4, pp. 21–28, 2015.

- [33] J. Shaikh dan M. Patil, "Qualitative Tests for Preliminary Phytochemical Screening: An Overview," *International Journal of Chemical Studies*, vol. 8, no. 2, pp. 603–608, 2020. doi: 10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834.
- [34] A. Kumar dan L. Mathew, "Comparative Account of the Preliminary Phytochemical Aspects of *Helicanthes elastica* (Desr) Danser Growing on Two Different Hosts," *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 3, no. 1, pp. 218–221, 2014.
- [35] N. Dwitarani, R. R. Amin, T. M. Sofyah, D. N. Ramadhani, dan S. Sutoyo, "Sintesis dan Karakterisasi Nanoherbal Ekstrak Etanol Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.)," *Jurnal Kimia Riset*, vol. 6, no. 2, pp. 102–108, 2021. doi: 10.21831/jsd.v6i1.13610.
- [36] D. Kurniasari dan S. Atun, "Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Temu Kunci (*Boesenbergia pandurata*) Pada Berbagai Variasi Komposisi Kitosan," *Jurnal Sains Dasar*, vol. 6, no. 1, pp. 31–35, 2017. doi: 10.21831/jsd.v6i1.13610.
- [37] T. Julianawati, H. Hendarto, dan Widjiati, "Penetapan Total Flavonoid, Aktivitas Antioksidan, dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa pterygosperma* Gaertn.)," *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, vol. 11, no. 1, 2020. doi: 10.33846/sf111110.
- [38] Van Hoten, "Analisis Karakterisasi Serbuk Biokeramik dari Cangkang Telur Ayam Broiler," *Jurnal ROTOR*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2020. doi: 10.19184/rotor.v13i1.18874.
- [39] M. R. V. Akbar, L. Y. Budiarti, dan E. Edyson, "Perbandingan Efektivitas Antibakteri Antara Ekstrak Metanol Kulit Batang Kasturi Dengan Ampisilin Terhadap *Staphylococcus aureus in vitro*," *Berkala Kedokteran*, vol. 12, no. 1, pp. 1–9, 2016. doi: 10.20527/jbk.v12i1.350.
- [40] Clinical and Laboratory Standards Institute, *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing: Twenty-First Informational Supplement*, CLSI document M100-S21, vol. 31, no. 1, 2011.
- [41] D. S. R. Muchyar, D. H. C. Pangemanan, dan A. S. R. Supit, "Uji Daya Hambat Perasan Daging Buah Alpukat (*Persea americana* Mill.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*," *Jurnal E-GiGi (EG)*, vol. 6, no. 1, pp. 34–38, 2018. doi: 10.35790/eg.6.1.2018.19653.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.