

Synthesis and Characterization of Chitosan-Nano silver-*Aloe vera* as Wound Gel Preparation and Antibacterial Activity Test of *Staphylococcus aureus*

Tsani Amri Astuti, Sari Edi Cahyaningrum ✉

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya Gedung C5-C6 Kampus Ketintang, Surabaya, Jawa Timur, 60231, Indonesia.

Info Artikel

Diterima: 22-03-2024

Disetujui: 06-05-2024

Dipublikasikan: 27-05-2024

Keywords:

Chitosan

Nano silver

Aloe vera

Antibacterial

Staphylococcus aureus

Abstrak

Luka akut terbuka dapat dengan mudah terkena infeksi jika tidak ditangani dengan baik sehingga dapat menyebabkan proses penyembuhannya lebih lama. Salah satu bakteri yang sering menyebabkan infeksi adalah bakteri *Staphylococcus aureus* karena terdapat pada permukaan kulit. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya infeksi adalah dengan memberikan sediaan topikal yang berbahan kitosan-nanosilver-lidah buaya karena memiliki sifat antibakteri. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan sintesis dan karakterisasi serta uji antibakteri dari bahan dan sediaan topikal berupa gel untuk luka. Sediaan gel dibuat dengan 8 formula yaitu F₀ (tanpa lidah buaya), F₁ (tanpa kitosan), F₂ (tanpa kitosan), F₃-F₇ dengan variasi penambahan lidah buaya secara berturut-turut (5,10,15,20 dan 25) %. Hasil karakterisasi FTIR sediaan gel menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, N-H, C-C, N-O dan C-H. Hasil uji PSA nanosilver menunjukkan bahwa nanosilver yang disintesis memiliki ukuran partikel sebesar 30,47 nm. Pengukuran uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa formulasi sediaan gel kitosan-nanosilver-lidah buaya mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Diameter zona hambat tertinggi terdapat pada formula yang ditambahkan lidah buaya 25% yaitu sebesar 12,22 mm.

Abstract

Acute open wounds can easily become infected if not treated properly, which can lead to a longer healing process. One of the bacteria that often causes infection is *Staphylococcus aureus* bacteria because it is found on the surface of the skin. One way to prevent infection is by giving topical preparations made from chitosan-nano silver-*Aloe vera* because it has antibacterial properties. The purpose of this study was to synthesize and characterize as well as antibacterial test of materials and topical preparations in the form of gel for wounds. Gel preparations were made with 8 formulas namely F₀ (without *Aloe vera*), F₁ (without chitosan), F₂ (without chitosan), F₃-F₇ with variations in the addition of *Aloe vera* successively (5,10,15,20 and 25) %. The results of FTIR characterization of gel preparations showed the presence of O-H, N-H, C-C, N-O and C-H functional groups. The results of the nano silver PSA test showed that the synthesized nano silver had a particle size of 30.47 nm. Antibacterial activity test measurements showed that the chitosan-nano silver-*Aloe vera* gel preparation formulation was able to inhibit the growth of *Staphylococcus aureus* bacteria. The highest inhibition zone diameter was found in the formula with 25% *Aloe vera* added, which was 12.22 mm.

Pendahuluan

Luka akut adalah cedera jaringan yang dapat pulih kembali seperti keadaan normal dalam rentang waktu 8-12 minggu dengan penyebab utama berupa cedera karena permukaan tajam, luka bakar dan cedera kimiawi (Purnama *et al.*, 2017). Menurut Kementerian Kesehatan RI tahun 2018, kejadian luka di Indonesia sebanyak 9,2% dengan jenis luka tertinggi adalah luka akut yang meliputi luka lecet, lebam dan memar sebesar 64%, kemudian luka robek atau tusuk sebesar 20%, luka bakar 1,3% dan sisanya karena penyebab lain (Kementerian Kesehatan RI, 2018). Penyebab tertundanya proses penyembuhan luka pada luka akut disebabkan karena faktor infeksi oleh mikroorganisme yang terdapat pada luka, seperti bakteri gram positif dan negatif (Valizadeh *et al.*, 2022).

Bakteri yang terdapat pada luka yaitu *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Nabilla & Advinda, 2022). Untuk mengobati luka akut agar tidak terjadi infeksi ada beberapa jenis sediaan farmasi yang dapat digunakan. Hidrogel lebih sering digunakan karena menggunakan pelarut polar yang lebih nyaman diaplikasikan daripada sediaan krim yang mengandung minyak. Selain itu, sediaan hidrogel memiliki efektivitas lebih baik daripada krim terhadap uji bakteri gram positif (Fitriani *et al.*, 2022).

Hidrogel memiliki daya serap baik sehingga cocok untuk dijadikan sebagai balutan luka (Lestari & Cahyaningrum, 2022). Hidrogel dapat digunakan untuk mencegah ataupun mengobati infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Staphylococcus aureus* sehingga luka dapat sembuh dengan lebih cepat (Kementerian Kesehatan RI, 2020). Oleh karena itu, beberapa peneliti lebih memilih penelitian untuk membuat hidrogel daripada krim dengan kombinasi bahan-bahan yang memiliki efek sinergis.

Pada penelitian Susanti dan Cahyaningrum tahun 2022, dibuat hidrogel dengan kombinasi kitosan dan lidah buaya 20% dan didapatkan data bahwa hidrogel dengan bahan tersebut dapat menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* dengan diameter zona hambat sebesar 26 mm yang mana termasuk zona hambat kuat. Kitosan yang digunakan yaitu konsentrasi 1,5% dengan derajat deasetilasi rendah. Oleh karena itu, dimungkinkan aktivitas antibakteri yang memiliki zona hambat sangat kuat tersebut lebih besar disebabkan oleh kandungan senyawa dalam lidah buaya yang digunakan. Dari sebuah penelitian oleh Ravendraan *et al.*, tahun 2023 didapatkan data bahwa hidrogel kombinasi nanosilver, kitosan dan alginat memiliki aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 14 mm pada penambahan nanosilver 0,15 M. Zona hambat yang terbentuk pada penelitian tersebut masih termasuk zona hambat kuat sehingga perlu ditingkatkan agar memiliki zona hambat sangat kuat. Pada penelitian oleh Anjum *et al.*, tahun 2016 yang membuat hidrogel kombinasi nanosilver dan lidah buaya, disimpulkan bahwa hidrogel tersebut dapat menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 95% serta penyembuhan luka sebesar 100% pada hari ke 16 hewan uji. Kombinasi nanosilver dan lidah buaya dalam penelitian ini terbukti mampu memberikan tingkat penghambatan bakteri yang tinggi. Oleh karena itu, berdasarkan data-data yang didapatkan dari beberapa penelitian tersebut terbukti jika kitosan, nanosilver dan lidah buaya dapat menghambat bakteri *Staphylococcus aureus*, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan hidrogel dengan penggabungan bahan tersebut yaitu kitosan-nanosilver-lidah buaya yang dibuat sebagai sediaan gel luka sayat sebagai antibakteri *Staphylococcus aureus*.

Kitosan yang digunakan pada penelitian ini memiliki derajat deasetilasi tinggi yang mana semakin tinggi derajat deasetilasi maka akan semakin baik aktivitas antibakterinya. Derajat deasetilasi (DD) merupakan nilai hilangnya gugus asetil pada gugus asetamida kitin atau banyaknya gugus amino bebas yang dihasilkan setelah proses deasetilasi. Semakin tinggi nilai DD maka semakin banyak gugus amino (-NH₂) pada molekul kitosan, sehingga kitosan semakin reaktif (Setijawati, 2021).

Nanosilver yang digunakan pada konsentrasi 10 ppm, karena berdasarkan penelitian Lestari dan Cahyaningrum tahun 2022 terbukti bahwa pada konsentrasi nanosilver 10 ppm memiliki aktivitas antibakteri paling baik dari konsentrasi yang diuji yaitu 4, 7, 10, 13 dan 15 ppm. Dimana partikel dengan ukuran terkecil serta memiliki stabilitas baik akan memiliki aktivitas antibakteri yang baik pula. Nanosilver dampak berdampak negatif pada manusia karena beberapa faktor seperti ukuran serta dosis yang digunakan (Nie *et al.*, 2023). Toksisitas nanosilver berukuran kecil lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran partikel yang besar. Hal ini disebabkan karena transportasi biologis, dimana nanosilver dengan partikel lebih besar dapat masuk atau keluar sel melalui saluran ion, sedangkan nanosilver yang berdiameter kecil dapat langsung melewati membran sel dan bekerja di dalam sel sehingga ia dapat memainkan peran nanosilver dengan lebih baik (Nie *et al.*, 2023). Akan tetapi, ukuran nanosilver yang semakin kecil juga akan meningkatkan efektivitasnya sebagai antibakteri karena ia dapat dengan mudah terserap melewati dinding sel bakteri tersebut. Dosis yang digunakan juga berpengaruh terhadap toksisitas nanosilver selain dari faktor ukuran partikelnya. Beberapa zat akan memiliki manfaat pada dosis rendah (Yin *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian Reshi tahun 2017 menjelaskan bahwa nanosilver pada konsentrasi 50, 100 dan 150 µg/kg tidak beracun, namun semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka toksisitas zat tersebut semakin tinggi. Oleh karena beberapa hal tersebut, maka pada penelitian ini konsentrasi yang digunakan tidak terlalu tinggi namun masih tetap memiliki aktivitas antibakteri, serta ukuran partikel dibuat nano agar tetap meningkatkan efektivitas antibakterinya.

Lidah buaya digunakan karena kandungan senyawa metabolit sekunder pada lidah buaya terdapat dalam gelnya sehingga lebih mudah untuk digunakan daripada tumbuhan lain yang biasanya terdapat pada daun. Lidah buaya juga dapat dengan mudah dikembangbiakkan sehingga jumlahnya akan selalu melimpah. Karena beberapa keunggulannya inilah, lidah buaya dipilih daripada tanaman lain yang juga mengandung senyawa metabolit sekunder. Komponen metabolit sekunder dalam lidah buaya yang berfungsi sebagai antibakteri adalah fenolik, flavonoid dan tanin yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Song *et al.*, 2022). Ekstrak metanol lidah buaya mengandung 20 mg total fenol, 10 mg tanin dan 0,042 mg flavonoid, sementara ekstrak akuades lidah buaya mengandung 8 mg total fenol, 10 mg tanin dan 0,064 mg flavonoid (Manye *et al.*, 2023). Pada penelitian ini, gel lidah buaya dihaluskan kemudian dilakukan sonikasi. Sonikasi merupakan penggunaan energi suara untuk pemecahan reaksi intermolekuler yang digunakan untuk ekstraksi senyawa pada tumbuhan (Gallo *et al.*, 2018). Gel lidah buaya yang digunakan tidak ditambahkan pelarut karena diharapkan sifat antibakteri yang ada benar-benar hanya disebabkan karena kandungan senyawa fenolik, flavonoid dan tanin pada lidah buaya.

Pada Bahan dan sediaan gel yang dibuat kemudian diuji karakteristiknya menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsinya. Gugus fungsi tersebut kemudian digunakan untuk membandingkan apakah terjadi pergeseran setelah terbentuknya hidrogel yang dapat mempengaruhi aktivitas antibakterinya. Nanosilver hasil sintesis dilakukan karakterisasi dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran partikelnya. Ukuran partikel nano akan meningkatkan aktivitas antibakterinya karena silver/Ag dalam ukuran nano dapat lebih mudah terserap oleh bakteri dan mengganggu aktivitas replikasi DNA, kemudian bakteri mengalami denaturasi sehingga terjadi lisis dan menyebabkan kematian. Sediaan gel kemudian di uji aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* untuk mengetahui ukuran zona hambat terhadap bakteri tersebut. Zona hambat yang semakin tinggi menunjukkan bahwa semakin baik aktivitas antibakterinya.

Metode

Alat dan Bahan

Pada penelitian digunakan beberapa alat, untuk pembuatan gel luka sayat digunakan gelas kimia 250 mL, gelas ukur 10 mL, spatula, pipet tetes, mortar alu, *magnetic stirrer*, *hot plate*, labu ukur 100 mL, neraca analitik, *mixer*, blender, buret 50 mL, *stopwatch*, aluminium foil, kertas saring dan Erlenmeyer. Untuk karakterisasi digunakan instrumen *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) dan *Particle Size Analyzer* (PSA). Untuk uji fitokimia digunakan tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas beaker, pipet tetes, bunsen dan kompor listrik. Sementara untuk uji antibakteri digunakan Erlenmeyer, tabung reaksi, rak tabung reaksi, spatula, gelas ukur, autoklaf, cawan petri, jarum ose, pinset, mikropipet dan tip, bunsen, kapas steril, vortex, *hot plate* dan *magnetic stirrer*, oven, lemari pendingin, *Laminar Air Flow*, inkubator, jangka sorong dan cakram kosong steril. Bahan yang digunakan untuk pembuatan gel luka sayat digunakan kitosan, akuades, asam asetat, padatan perak nitrat, natrium sitrat, lidah buaya, xantam gum dan propilen glikol. Untuk uji fitokimia digunakan gel lidah buaya, akuades, kloroform, amoniak, asam sulfat 2N, reagen Meyer, reagen Wagner, reagen Dragendorf, etanol 70%, magnesium, HCl pekat, H₂SO₄ pekat, reagen Liebermann-Burchard, FeCl₃ 1%, NaCl 1% dan gelatin 10%. Untuk uji antibakteri digunakan etanol 96%, Nutrient Broth (NB), nutrient Agar (NA), akuades steril, NaCl 0,9%, sampel uji dan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Pembuatan Larutan Kitosan 5%

Sebanyak 1 mL asam asetat glasial dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL lalu dihomogenkan sehingga dihasilkan larutan asam asetat 1%. Kemudian kitosan sebanyak 0,5 g dilarutkan dalam 100 mL asam asetat 1% dan dihomogenkan dengan *stirrer*.

Sintesis AgNP 10 ppm

Sintesis AgNP dilakukan dengan teknik reduksi kimia dengan natrium sitrat sebagai pereduksinya. Sebanyak 50 mL natrium sitrat 1% dimasukkan dalam buret. Kemudian gelas kimia berisi larutan AgNO₃ 0,001 M sebanyak 50 mL distirrer dan dipanaskan sampai mendidih. Selanjutnya ditetesi dengan 10 mL larutan natrium sitrat yang tadi telah dimasukkan dalam buret. Proses *stirrer* dan pemanasan dihentikan ketika larutan mulai berubah warna menjadi kuning (Lestari & Cahyaningrum, 2022). AgNP yang dibuat memiliki konsentrasi 98,0909 ppm sehingga untuk membuat AgNP 10 ppm dibutuhkan 5,097 mL untuk kemudian diencerkan dalam labu ukur 50 mL.

Penyiapan Gel Lidah Buaya

Lidah buaya yang masih segar dicuci hingga bersih lalu dipisahkan antara kulit dan dagingnya (lendir/gel). Kemudian daging lidah buaya diblender. Gel lidah buaya yang sudah diblender kemudian disonikasi lalu dilakukan uji fitokimia. Uji fitokimia dilakukan untuk uji kualitatif kandungan senyawa

metabolit sekunder yang terkandung dalam lidah buaya. Gel yang sudah dihaluskan kemudian digunakan sebagai bahan aktif untuk sediaan gel luka sayat.

Pembuatan Basis Gel

Dimasukkan akuades yang telah dididihkan sebanyak 30 mL ke dalam gelas kimia kemudian dimasukkan sebanyak 2 gram xantam gum. Xantam gum perlu didispersikan agar dapat mengembang dan dapat digunakan sebagai basis gel.

Pelarutan Zat Aktif

Zat aktif yang terdiri dari kitosan 0,5%, nanosilver 10 ppm dan gel lidah buaya dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian di *stirrer* selama 20 menit.

Sintesis Sediaan Gel

Pembuatan sediaan gel luka sayat dilakukan dengan memasukkan bahan aktif yang telah homogen ke dalam basis gel yang sudah didispersikan. Bahan kemudian diaduk dengan *mixer* sampai homogen, selanjutnya ditambahkan propilen glikol dan diaduk lagi dengan *mixer* sampai homogen (tidak ada bahan yang menggumpal). Dihasilkan sediaan gel berwarna putih keruh. Formula yang digunakan dalam pembuatan sediaan gel luka sayat kitosan-nanosilver-lidah buaya sebagai berikut.

Tabel 1. Formulasi Sediaan Gel Kitosan-Nanosilver-Lidah Buaya

Bahan	Formula % v/v								Fungsi
	F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
Kitosan 0,5%	5	5	0	5	5	5	5	5	Bahan aktif
Nanosilver 10 ppm	5	0	5	5	5	5	5	5	Bahan aktif
Lidah buaya	0	5	5	5	10	15	20	25	Bahan aktif
Xantam gum	2	2	2	2	2	2	2	2	Basis gel
Propilen glikol	15	15	15	15	15	15	15	15	Humektan (pelembap)
Akuades	add	add	add	add	add	add	add	add	Akuades
	100	100	100	100	100	100	100	100	

Karakterisasi Fisika dan Kimia

Karakterisasi fisika untuk nanosilver menggunakan instrumen PSA (*Particle Size Analyzer*) untuk mengetahui distribusi ukuran partikel. Uji fisika untuk sediaan gel meliputi uji daya sebar dengan mengoleskan 0,5 gram sediaan gel pada kaca lalu ditutup dan diberi beban 150 gram selama 1 menit dan diamati diameter olesan yang terbentuk. Daya sebar gel yang baik adalah 5-7 cm (Fitriyah & Cahyaningrum, 2023). Uji daya lekat dilakukan dengan menimbang 0,25 gram sediaan gel kemudian ditutup kaca objek dan diberi beban 1 kg selama 5 menit. Beban sebesar 80 gram digunakan untuk melepaskan kaca dari lekatan. Daya lekat gel yang baik antara 1-6 sekon (SNI-06-2588). Uji homogenitas dilakukan dengan mengoleskan sediaan gel ke kaca kaca transparan kemudian ditutup dengan kaca dan diamati secara visual. Homogenitas gel yang baik yaitu tidak terdapat butiran kasar serta partikel yang tidak terlarut (DepKes, 1979). Karakterisasi kimia dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform InfraRed*) terhadap kitosan, nanosilver, lidah buaya dan sediaan gel yang disintesis. Untuk uji pH dilakukan dengan menimbang 1,0 gram sediaan gel kemudian dilarutkan dengan 20 mL akuades. Uji Fitokimia dilakukan dengan menggunakan reagen yang spesifik untuk alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, terpenoid, tanin dan fenolik pada sampel gel lidah buaya.

Uji Aktivitas Antibakteri

Pengujian antibakteri dalam penelitian ini menggunakan metode difusi cakram, dengan cara mengukur diameter hambatan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Langkah pertama adalah melakukan sterilisasi alat yang digunakan yaitu cawan petri, tabung reaksi, gelas beaker dan pipet tip. Kemudian pembuatan media Nutrien Agar (NA) serta larutan NaCl 0,9%. Larutan NaCl 0,9% dibuat dengan melarutkan 0,9 g NaCl dalam 100 mL akuades, larutan ini berfungsi untuk menjaga keseimbangan sel mikroba sehingga baik untuk ketahanan hidup bakteri (Rizki *et al.*, 2021).

Media Nutrien Agar digunakan sebagai media kultur bakteri yaitu metode memperbanyak bakteri pada media kultur dengan pembiakan. Pembuatan media NA dilakukan dengan menimbang 2,8 g bubuk NA dan melarutkannya dalam 100 mL akuades. Media NA kemudian dilarutkan dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Dituang media ke dalam cawan petri sekitar 25 mL dan dibiarkan hingga memadat (Nugroho & Cahyaningrum, 2023).

Pada tahap persiapan suspensi bakteri, suspensi koloni uji *Staphylococcus aureus* dibuat dengan mengambil satu ose koloni dari media Nutrien Agar padat ke tabung reaksi yang berisi 9 mL NaCl 0,9%. Kekeruhan pada suspensi koloni uji distandarisasi dengan standar 0,5 McFarland ($\pm 1,5 \times 10^8$ CFU/mL). Suspensi harus digunakan sebagai inokulum dalam waktu 15 menit. Suspensi bakteri uji diinokulasikan pada media NA dengan diratakan menggunakan *hockey stick* dan diamkan hingga kering. Satu cawan petri berisi 10 kertas cakram. Setiap cawan petri terdiri dari 4-5 kertas cakram dengan masing-masing sampel sediaan gel. Kertas cakram diletakkan dalam cawan petri dan diberi sediaan gel luka sayat 25 μ L. Kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C dan diamati zona bening disekitar kertas cakram (Nugroho & Cahyaningrum, 2023).

Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Larutan dan Karakterisasi Kitosan

Pada tahap ini, pertama dilakukan pembuatan larutan kitosan 0,5% dengan menimbang sebanyak 0,5gram kitosan yang kemudian dilarutkan dengan 100 mL asam asetat 1% dan dihomogenkan dengan *di stirrer* dan dipanaskan pada suhu 120°C. Titik didih asam asetat sebagai pelarut adalah 117,9°C sehingga dipilih suhu sedikit diatas titik didih pelarut tersebut sebagai faktor koreksi jika ada kenaikan titik didih. Didapatkan larutan kitosan 0,5% yang homogen dan berwarna kuning jernih.

Larutan kitosan kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR untuk menganalisa gugus fungsional pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Berikut merupakan spektra FTIR pada kitosan yang digunakan serta spektra FTIR kitosan standar.

Pada sampel kitosan yang digunakan dalam penelitian memiliki 16 puncak pada rentang 4000-500 cm^{-1} yaitu 3410.26; 3410.26; 2150.7; 1643.41; 1437.02; 1327.07; 1255.7; 1151.54; 1066.67; 1035.81; 891; 875.71; 663.53; 601.81; 574.81; dan 515.01 cm^{-1} . Berdasarkan analisis karakteristik spektra FTIR kitosan sampel yang dibandingkan dengan spektra kitosan standar menunjukkan bahwa kedua spektra tidak memiliki perbedaan yang signifikan atau semua serapan pada kitosan standar juga dimiliki pada kitosan sampel. Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa yang digunakan pada penelitian ini adalah kitosan.

Sintesis dan Karakterisasi Nanosilver

Nanosilver disintesis menggunakan metode reduksi kimia dengan reduktor natrium sitrat dan didapatkan larutan nanosilver berwarna kuning. Pembuatan nanosilver dilakukan dengan mendidihkan 50 mL larutan AgNO₃ menggunakan *stirrer* kemudian ditetesi dengan 10 mL larutan natrium sitrat perlahan-lahan sampai terbentuk larutan berwarna kuning dan pemanasan dihentikan. Larutan nanosilver kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk menganalisa gugus fungsional pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Sampel nanosilver yang digunakan pada penelitian ini memiliki serapan pada bilangan gelombang 3446.91; 2042.68; 1635.69; 1546.96; 1400.37; 1267.27; 588.31 dan 520.8 cm^{-1} .

Karakterisasi nanosilver untuk mengetahui ukuran partikelnya, digunakan pengujian menggunakan instrument PSA. Ukuran partikel nano adalah pada rentang 1-100 nm. Pada sampel nanosilver didapatkan data ukuran partikel sebesar 30,47 nm.

Sintesis dan Karakterisasi Lidah Buaya

Pada penelitian ini, gel lidah buaya dihaluskan kemudian disaring dan dilakukan sonikasi. Gel lidah buaya yang berbentuk cair kemudian diuji fitokimia. Berikut disajikan data hasil uji fitokimia sampel lidah buaya.

Tabel 2. Hasil Uji Fitokimia Sampel Lidah Buaya

No	Uji Fitokimia	Pereaksi	Warna	Hasil
1.	Alkaloid	Dragendroff	Tidak terbentuk endapan jingga	-
			Tidak terbentuk endapan coklat	-
			Tidak terbentuk endapan putih	+
2.	Flavonoid	HCl pekat + Mg	Jingga	+
3.	Saponin	Air panas + HCl	Terbentuk busa	+
4.	Steroid	Liebermann-Burchard	Ungu menjadi biru atau hitam	-
5.	Terpenoid	H ₂ SO ₄ pekat	Merah kecoklatan antar permukaan	+
6.	Tanin	FeCl ₃ 1%	Hitam kehijauan	+
7.	Fenolik	NaCl + gelatin	Endapan putih	+

Sampel lidah buaya dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk menganalisa gugus fungsional pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} dan memiliki serapan pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} yaitu pada serapan 3466,2; 2009,89; 1639,55; 1060,88 dan 580,59 cm^{-1} .

Sintesis dan Karakterisasi Sediaan Gel Luka Sayat

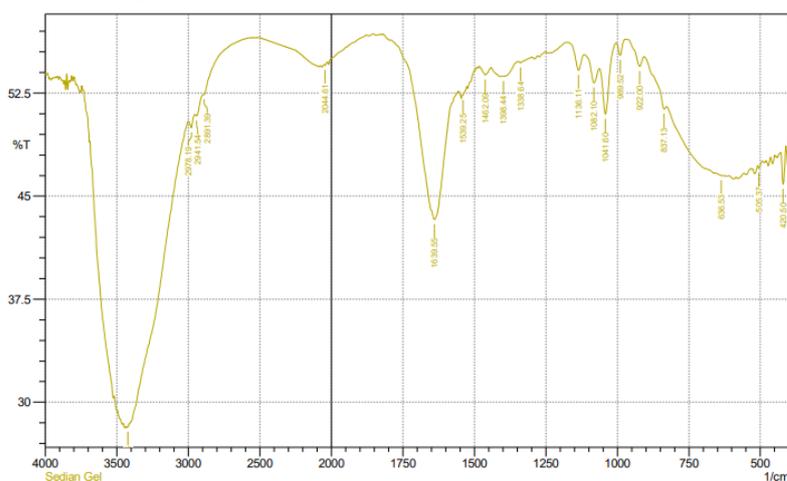
sintesis sediaan gel luka sayat diawali dengan pembuatan basis gel, pelarutan zat aktif, kemudian sintesis sediaan gel. Pada tahap pembuatan basis gel dilakukan dengan mendidihkan 30 mL akuades dalam gelas kimia kemudian ditambahkan 2gram xantam gum dan dimixer. Xantan gum didispersikan dalam akuades agar mengembang dan dapat digunakan sebagai basis gel. Tahap selanjutnya adalah pelarutan bahan aktif yaitu kitosan, nanosilver dan lidah buaya dengan menggunakan *stirrer* selama 20 menit. Pelarutan ini dilakukan agar semua bahan aktif dipastikan sudah bercampur sebelum di larutkan dalam basis gel. Tahap berikutnya adalah sintesis sediaan gel dengan menambahkan propilen glikol dalam basis gel kemudian dimixer. Propilen glikol berperan sebagai pelembab atau humektan yang akan membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air sehingga meningkatkan jumlah air yang terikat dan dapat melembabkan kulit. Ketika sediaan gel sudah homogen kemudian ditambahkan sedikit demi sedikit bahan aktif yang sudah digabungkan tadi sambil dimixer hingga homogen dan tidak terbentuk gumpalan. Terakhir ditambahkan akuades sampai dengan 100 mL. Pada tahap ini terbentuk sediaan gel dengan variasi tanpa penambahan kitosan, tanpa penambahan nanosilver, tanpa penambahan lidah buaya, konsentrasi lidah buaya 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%.

Sediaan gel yang dibuat kemudian diuji pH, daya sebar, daya lekat dan homogenitas yang disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Uji pH, Daya Sebar, Daya Lekat dan Homogenitas Sediaan Gel

Formula	pH	Daya Sebar (cm)	Daya Lekat (sekon)	Homogenitas
F ₀	5,34	5,5	1,82	Homogen
F ₁	5,22	4,9	1,00	Homogen
F ₂	6,44	4,8	1,27	Homogen
F ₃	5,30	5,0	1,28	Homogen
F ₄	5,22	5,0	1,24	Homogen
F ₅	5,20	5,0	1,17	Homogen
F ₆	5,17	5,0	1,13	Homogen
F ₇	5,14	50	1,01	Homogen

Sediaan gel kemudian dikarakterisasi dengan FTIR pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} menghasilkan spektra FTIR sebagai berikut.

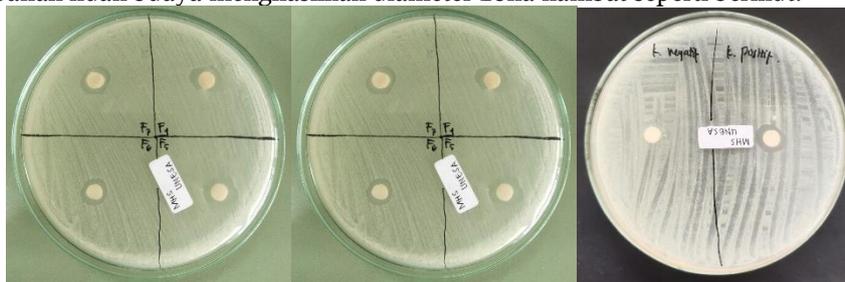


Gambar 1. Spektra FTIR Sediaan Gel

Spektra pada diatas memiliki 18 puncak pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} yaitu pada serapan 3423,76; 2978,19; 2941,54; 2891,39; 2044,61; 1639,55; 1539,25; 1462,09; 1338,64; 1136,11; 1082,1; 1041,6; 989,52; 922; 837,13; 636,53 dan 505,37 cm^{-1} . Adanya ikatan O-H pada sediaan gel terkait dengan keberadaan senyawa fenolik seperti flavonoid, tannin dan saponin yang memiliki sifat antibakteri.

Uji Antibakteri *Staphylococcus aureus*

Pada tahap uji antibakteri, sediaan gel hasil sintesis di uji aktivitasnya terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode difusi cakram. Pengujian diawali dengan pembuatan media, kultur bakteri kemudian uji aktivitasnya. Pengamatan dilakukan dengan masa inkubasi 1x24 jam, kemudian diamati diameter zona bening yang berada disekitar kertas cakram yang menunjukkan bahwa semakin besar diameternya maka aktivitas antibakterinya semakin baik. Zona hambat atau zona bening diukur diameternya menggunakan jangka sorong kemudian dibandingkan dengan tabel aktivitas antibakteri. Hasil dari uji aktivitas antibakteri terhadap sampel sediaan gel kitosan-nanosilver-lidah buaya dengan variasi penambahan lidah buaya 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dengan kontrol negatif akuades dan kontrol positif sediaan gel berbahan lidah buaya menghasilkan diameter zona hambat seperti berikut.



Gambar 2. Diameter Zona Hambat

Zona bening yang terbentuk menandakan terbentuknya zona hambat bakteri sehingga sampel sediaan gel memiliki aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus*. Semakin tinggi diameter zona hambat yang terbentuk maka aktivitas antibakterinya akan semakin baik. Berikut disajikan data hasil uji antibakteri untuk setiap formulasi sediaan gel berbahan kitosan-nanosilver-lidah buaya.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Diameter Zona Hambat

Formula	Diameter zona hambat (mm)	Kategori
F0	8.46	Sedang
F1	9.24	Sedang
F2	8.38	Sedang
F3	9.38	Kuat
F4	9.78	Kuat
F5	11.48	Kuat
F6	11.54	Kuat
F7	12.22	Kuat

Berdasarkan data hasil uji antibakteri didapatkan bahwa pada F₀ sampai F₂ yang merupakan formula tanpa penambahan salah satu bahan aktif memiliki kategori zona hambat sedang. Untuk F₃ sampai F₇ yang merupakan formula dengan variasi penambahan lidah buaya, memiliki formulasi di rentang sedang-kuat. Formula dengan variasi lidah buaya 5% dan 10% masih termasuk kategori zona hambat sedang, sementara formula dengan variasi lidah buaya 15%, 20% dan 25% masuk kategori kuat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan lidah buaya, maka akan semakin baik aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus*. Sediaan gel dengan penambahan lidah buaya 25% memiliki zona hambat terbesar dikarenakan semakin tinggi konsentrasi akan mempercepat proses difusi sehingga diameter zona hambat yang terbentuk akan semakin luas (Nugroho & Cahyaningrum, 2023). Kontrol positif pada penelitian ini digunakan produk gel yang beredar dipasaran yang memiliki bahan aktif lidah buaya, octenidine HCl, Allantoin dan Provitamin B5. Hasil dari uji aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* terhadap kontrol positif termasuk zona hambat kuat namun diameter zona hambatnya masih lebih kecil daripada sampel sediaan gel dengan penambahan lidah buaya 25%.

Simpulan

Sediaan gel kitosan-nanosilver-lidah buaya telah dibuat kemudian dikarakterisasi dan diuji aktivitas antibakteri. Hasil uji karakterisasi fisika menggunakan PSA untuk nanosilver memiliki ukuran 30,47 nm. Untuk uji daya sebar pada rentang 4,8-5,0 mm dan uji daya lekat pada rentang 1,00-1,82 sekon. Pada uji homogenitas semua formula memiliki bentuk sediaan yang homogen. Dari data karakterisasi kimia menggunakan FTIR didapatkan data bahwa sediaan gel memiliki gugus fungsi O-H, N-H, C=C, C-C, N-O, C-H, C-F, S=O, C-N, C-Cl, C-Br dan C-I. Sementara untuk uji pH pada kedelapan formula sediaan gel memiliki rentang 5,14-6,44. Untuk uji fitokimia sampel lidah buaya positif mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, terpenoid, fenolik dan tanin. Hasil uji aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* didapatkan data bahwa formula sediaan gel kitosan-nanosilver-lidah buaya dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan diameter zona hambat paling baik adalah F7 (penambahan lidah buaya 25%) sebesar 12,22 mm.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Institute Tropical Disease Universitas Airlangga karena telah membantu dalam pengujian antibakteri.

Daftar Referensi

- Anjum, S., Gupta, A., Sharma, D., Gautam, D., Bhan, S., Sharma, A., Gupta, B. (2016). Development of novel wound care systems based on nanosilver nanohydrogels of polymethacrylic acid with Aloe vera and curcumin. *Materials Science and Engineering C*, 157-166.
- Fitriyah, L., & Cahyaningrum, S. E. (2023). Synthesis and Characterization of Gel Chitosan-Nanosilver-Extrakt of Pare Fruit (*Momordica Charantia*) as antibacteria against *Staphylococcus aureus*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 82-93.
- Gallo M, Ferrara L, Naviglio D. 2018. Application of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. *Foods* 7
- Guest, J. F., Fuller, G. W., & Vowden, P. (2020). Cohort Study Evaluating the Burden of Wounds to the UK's National Health Service in 2017/2018: Update from 2012/2013. *BMJ*, 1-15.
- Kementrian Kesehatan RI. (2018). *Hasil Utama RISKESDAS 2018*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
- Kementrian Kesehatan RI. (2020). *Farmakope Indonesia Edisi VI*. Jakarta: Kementrian Kesehatan RI.
- Landen, N., Li, D., & Stahle, M. (2016). Transition from inflammation to proliferation: a critical step during wound healing. *Celuler and Molecular Life Science*, 3861–3885.
- Lestari, N. R., & Cahyaningrum, S. E. (2022). Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite-Nanosilver-as Anti Bacteria that Cause Dental Caries. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 34-40.
- Liu, Y. L., Li, Y., Si, Y. F., Fu, J., Dong, H., Sun, S.-S., Zhang, Z. Q. (2023). Sythesis of nanosilver particles mediated by microbial surfactants and its enhancement of crude oil recovery. *Energy*, 1-11.
- Manye, S. J., Saleh, J. S., Ishaya, H. B., Chiroma, S. M., Attah, M. O., & Dibal, N. I. (2023). Phytochemical screening and in-vitro antioxidant activities of aqueous and methanol extracts of Aloe vera. *Pharmacological Research*, 1-9.
- Moosa, A., Ridha, A. M., & Kadhim, N. A. (2016). Use of Biocomposite Adsorbents for the Removal of Methylene Blue Dye from Aqueous Solution. *American Journal of Materials Science*, 135-146.
- Movaffagh, J., Khatib, M., Bazzaz, B. S., Taherzadeh, Z., Hashemi, M., Moghaddam, A. S., Jirofti, N. (2022). Evaluation of wound-healing efficiency of a functional Chitosan/Aloe vera hydrogel on the improvement of re-epithelialization in full thickness wound model of rat. *Journal of Tissue Viability*, 649-656.
- Nabilla, A., & Advinda, L. (2022). Aktivitas Antimikroba Sabun Mandi Padat Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Echerichia coli* Bakteri Patogen Manusia. *Serambi Biologi*, 306-310.

- Nie, P., Zhao, Y., & Xu, H. (2023). Synthesis, applications, toxicity and toxicity mechanisms of silver nanoparticle: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1-12.
- Nugroho, B., & Cahyaningrum, S. E. (2023). Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite-Nanosilver-Clove Oil (*Eugenia caryophyllus*) as Antibacteria in Toothpaste Preparation Against *Streptococcus mutans* Bacteria. *Pijar MIPA*, 659-665.
- Purnama, H., Sriwido, & Ratnawulan, S. (2017). Proses Penyembuhan dan Perawatan Luka. *Farmaka*, 251-258.
- Raveendran, R. L., Valsala, M., & Anirudhan, T. S. (2023). Development of nanosilver embedded injectable liquid crystalline hydrogel from alginate and chitosan for potent antibacterial and anticancer applications. *Journal Industrial and Engineering Chemistry*, 261-273.
- Rizki, S. A., Latief, M., Fitriani, & Rahman, H. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-Heksan, Etil Asetat, dan Etanol Daun Durian (*Durio zibethinus* Linn.) terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus epidermis*. *JAMHESIC*, 442-457.
- Setijawati, D., Yahya, & Ersyah, D. (2021). Pengaruh Derajat Deasetilasi Kitosan dengan Perlakuan Alkali Berbeda Terhadap Kualitas Edible Film. *Journal Fisheries and Mechanical Research*, 276-284.
- Song, Y., Yang, F., Ma, M., Kang, Y., Hui, A., Quan, Z., & Wang, A. (2022). Green synthesized Se-ZnO/attapulgitic nanocomposite using Aloe vera leaf extract: Characterization, antibacterial and antioxidant activities. *Food Science and Technology*, 1-10.
- Susanti, P. G., & Cahyaningrum, S. E. (2022). Karakterisasi dan Uji Efektivitas Sediaan Gel Aloe vera Kombinasi Kitosan sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus*. *UNESA Journal of Chemistry*, 26-33.
- Yin, I.X., *et al.*, 2020. The antibacterial mechanism of silver nanoparticles and its application in dentistry. *Int. J. Nanomed.* 15, 2555–2562
- Valizadeh, A., Darvishi, M. H., Amani, A., & Zarchi, A. A. (2022). Design and development of novel formulation of Aloe vera nanoemulsion gel contained erythromycin for topical antibacterial therapy: In vitro and in vivo assessment. *Journal of Drug Science and Technology*, 1-11.