



## Fabrikasi Ramah Lingkungan Komposit Nano Karbon Aktif-Partikel Perak dan Uji Aktifitas Antibakterinya

Radinal Yogi Nurcahyo<sup>1</sup> dan Pratama Jujur Wibawa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Organik, Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang 50275

\*Corresponding author: [pratamajw@live.undip.ac.id](mailto:pratamajw@live.undip.ac.id)

### Abstract

Nanokomposit karbon-perak aktif nanopartikel (AC-AgNPs) telah berhasil difabrikasi secara ramah lingkungan menggunakan ultrasonik (40 kHz; 2x50 watt) untuk berbagai waktu pengadukan 10, 20, dan 30 menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan waktu pengadukan ultrasonik dan aktivitas antibakteri dari nanokomposit terkait tersebut. Untuk itu, langkah pertama yang dilakukan adalah mensintesis nanopartikel perak (AgNPs) dari garam perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) (10 ml, 3 mM) menggunakan ekstrak air-nanas berbagai konsentrasi sekitar 10, 20, 30, 40 dan 50 % b/ v. Langkah kedua adalah fabrikasi nanopartikel karbon aktif (ACNPs) dari bubuk halus karbon hitam lokal yang tersedia secara komersial melalui metode top-down yang canggih. Akhirnya, campur ACNP dan AgNP yang dihasilkan dengan benar di bawah agitasi ultrasonik seperti yang disebutkan di atas. Analisis dan karakterisasi bahan yang dihasilkan yang diinginkan dilakukan dengan menggunakan spektroskopi Ultra violet-tampak (UV-Vis), mikroskop elektron Transmisi (TEM), dan spektroskopi inframerah transformasi Fourier (FTIR). Diketahui bahwa AgNP berukuran sekitar 10-50 nm berhasil diproduksi dengan partikel berbentuk bola. AgNPs kemudian dapat digabungkan dan disebarkan secara merata pada permukaan matriks ACNPs. Dalam situasi ini, spektrum FTIR menegaskan bahwa AgNP yang disebutkan secara khusus berinteraksi satu sama lain dengan gugus hidroksil (-OH) dan karbonil (C=O) yang ada pada permukaan matriks ACNP. Aktivitas antibakteri nanokomposit AC-AgNPs yang dihasilkan diuji secara terpisah terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* menggunakan metode cakram kertas saring agarosa. Diketahui bahwa zona bening yang dihasilkan di sekitar cakram rata-rata sekitar 1,23 mm dan 2,07 mm untuk *Escherichia coli* (*E. coli*) dan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*).

**Kata Kunci:** fabrikasi ramah lingkungan; ekstrak nanas; nanopartikel perak; karbon aktif; nanokomposit

### 1. Pendahuluan

Efek antibakteri dari perak dan ion perak telah dikenal selama bertahun-tahun. Material yang mengandung perak memiliki aktivitas antibakteri yang kuat dan bersifat non-toksik, memungkinkan untuk digunakan secara luas dalam berbagai bidang seperti pengolahan air, desinfeksi dan peralatan medis [1]. Aktivitas antibakteri dari perak meningkat secara signifikan ketika perak tersebut berukuran nano. Dengan ukuran perak yang semakin kecil mempermudah merusak dinding sel bakteri, mempengaruhi metabolisme sel dan menghambat sintesis sel bakteri. Nanopartikel perak telah banyak dikembangkan karena kapasitasnya sebagai antibakteri [2]. Di antara nanopartikel-nanopartikel logam dan oksida logam, nanopartikel perak merupakan salah satu agen antimikroba yang paling kuat. Nanopartikel perak memiliki karakteristik yang luar biasa seperti stabilitas yang baik, spektrum antibakteri yang luas, dan resistensi bakteri yang rendah [3].

Sekarang ini sintesis ramah lingkungan, yang juga dikenal sebagai sintesis hijau, nanopartikel perak menggunakan bioreduktor dari ekstrak tanaman banyak digunakan karena kemudahannya dan sifatnya yang ramah lingkungan [4]. Beberapa penelitian melaporkan berhasil mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak tanaman seperti *Hibiscus cannabinus*, *Solanum lycopersicum*, *Moringa oleifera*, *Murraya koenigii leaf*, *Citrus limon* dan *Daucus carota* [5]. Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis hijau nanopartikel perak menggunakan ekstrak buah nanas (*Ananas comosus*) yang diketahui mengandung senyawa-senyawa metabolit sekunder seperti fenol, tanin, flavanoid, saponin, terpenoid, steroid, alkaloid, kumarin dan kuinin [6]. Kandungan senyawa-senyawa kimia dalam buah nanas ini akan berperan sebagai bioreduktor dan stabilisator dalam sintesis nanopartikel perak.

Masalah yang biasa ditemui pada nanopartikel perak adalah terjadinya agregasi ketika nanopartikel perak melakukan kontak dengan bakteri. Agregasi ini mengurangi luas permukaan spesifik dan menurunkan aktivitas antibakterinya [7]. Untuk mencegah hal ini maka nanopartikel perak perlu diaplikasikan pada matriks seperti zeolit, *clay*, material-material turunan karbon dan material polimer lainnya. Sekarang ini telah banyak dikembangkan nanokomposit perak yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya aktivitas antibakteri dan aktivitas sitotoksik yang baik dan juga lebih tidak beracun bagi manusia [8]. Pada penelitian ini akan digunakan karbon aktif sebagai matriks untuk nanopartikel perak. Karbon aktif digunakan karena memiliki permukaan spesifik yang luas dan sifatnya yang berpori [9].

Pada penelitian ini sintesis nanokomposit karbon aktif-perak nanopartikel (AC-AgNPs) dilakukan dengan metode sonokimia dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik yang diharapkan dapat menjadi salah satu metode sintesis yang mudah dilakukan dan bersifat ramah lingkungan. Pada penelitian ini juga dilakukan uji aktivitas antibakteri dari nanokomposit AC-AgNPs.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Alat dan Bahan

**Alat-alat** yang digunakan dalam penelitian ini yaitu peralatan gelas laboratorium (Herma dan Pyrex); Oven elektrik *cosmos* (Lokal, Indonesia); Cawan porcelain (Lokal, Indonesia); pH meter (Trans Instruments, Singapore); Kit uji antibakteri (Jakarta, Indonesia), *Laminar air flow*, *Professional ultrasonic waterbath* (40 kHz AC 220-240 V, Krisbow, China); Spektrofotometer UV-Vis (model UV-1280, Japan); Transmission electron microscopy (TEM)(Jeol JEM-1400, Japan); Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (Perkin Elmer Spectrum V.10.400 serial No.96772, USA).

**Bahan-bahan** yang digunakan adalah karbon hitam komersial (CV. Indrasari, Semarang, Indonesia); Tween 20 p.a (Merck, Germany); Akuades (Laboratorium, lokal) dan Sodium hidroksida (NaOH) p.a (Merck, Germany); Perak nitrate (AgNO<sub>3</sub>) p.a (Merck, Germany); *Yeast extract granulated* p.a (Merck Germany); *Bacto peptone* p.a (*Becton, Dickinson France*); Agarpack swallow (Jakarta, Indonesia); Ampisilin 500 mg/3g (Jakarta, Indonesia); Buah nanas (Semarang, Indonesia); Stok kultur bakteri *E. coli* dan *S. aureus* (Laboratorium Biokimia FSM Undip, Indonesia).

## 2.2. Prosedur Penelitian

### 2.2.1 Sintesis Nanopartikel Karbon Aktif

Karbon hitam diayak dengan ayakan bertingkat hingga 120 mesh, sampel dibuat dalam fasa koloid dengan penambahan surfaktan tween-20 dalam akuades (0,5-gram karbon hitam: 20 ml akuades/1 ml tween-20). Campuran didiamkan semalam hingga tidak membentuk endapan dan diultrasonikasi selama 30 menit. Hasil

ultrasonikasi disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu 250°C, selanjutnya 0,5 gram karbon hitam diaktivasi dengan NaOH 0,1 M 20 ml. Nanopartikel karbon aktif yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR dan TEM.

### 2.2.2 Pembuatan Ekstrak Buah Nanas

Sebanyak 50 gram daging buah nanas dipotong kecil-kecil, dicuci dan dibersihkan dengan akuades. Selanjutnya diblender dengan 100 ml akuades dan disaring sehingga didapatkan konsentrasi ekstrak buah nanas 50%. Ekstrak buah nanas 50% diencerkan dengan akuades hingga diperoleh konsentrasi ekstrak buah nanas 40%, 30%, 20% dan 10%. Ekstrak disimpan dalam lemari pendingin untuk penggunaan selanjutnya. Dilakukan skrining fitokimia untuk mengetahui golongan senyawa kimia yang terdapat dalam ekstrak.

### 2.2.3 Sintesis Nanopartikel Perak

Sebanyak 10 ml AgNO<sub>3</sub> 3 mM ditambahkan kedalam gelas beker yang berisi ekstrak buah nanas dengan variasi konsentrasi ekstrak 10, 20, 30, 40 dan 50 %. Campuran kemudian distirer selama 10 menit dan dibiarkan selama 24 jam. Sebagai indikator telah terbentuknya nanopartikel perak secara visual adalah adanya perubahan warna larutan menjadi kecokelatan. Karakterisasi nanopartikel perak dilakukan dengan spektroskopi UV-Vis dan TEM. Dilakukan juga uji antibakteri untuk mengetahui aktivitas antibakteri dari nanopartikel perak. Hasil terbaik akan digunakan untuk pembuatan nanokomposit.

### 2.2.4 Sintesis Nanokomposit AC-AgNPs

Sintesis nanokomposit AC-AgNPs dilakukan dengan metode ultrasonikasi dengan variasi waktu sintesis 10, 20 dan 30 menit. Perbandingan nanopartikel perak dan karbon aktif adalah 1:1. Setelah proses ultrasonikasi, didapatkan koloid nanokomposit AC-AgNPs. Nanokomposit yang diperoleh kemudian dilakukan uji antibakteri. Nanokomposit dengan aktivitas terbaik dikarakterisasi dengan menggunakan FT-IR dan TEM.

### 2.2.5 Uji Antibakteri

Uji antibakteri dilakukan terhadap bakteri gram negatif *E. coli* dan bakteri gram positif *S. aureus* dengan metode difusi cakram kertas. Ampisilin 500 mg/L digunakan sebagai kontrol positif. Diameter zona bening yang terbentuk diamati dan diukur.

## 3. Hasil dan Pembahasan

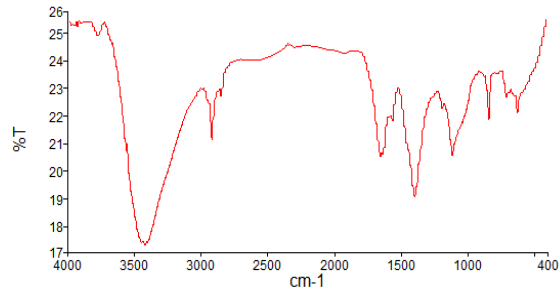
### 3.1. Sintesis Nanopartikel Karbon Aktif

Hasil sintesis nanopartikel karbon aktif berupa koloid yang stabil selama lebih dari 3 bulan. Nanopartikel karbon aktif hasil penelitian ini diperoleh dari karbon hitam komersial melalui proses sonikasi dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik didalam sistem dispersi media air untuk

memecah partikel karbon aktif menjadi berukuran nanometer.

### 3.2. Karakterisasi FTIR Nanopartikel Karbon Aktif

FTIR koloid nanopartikel karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 1.

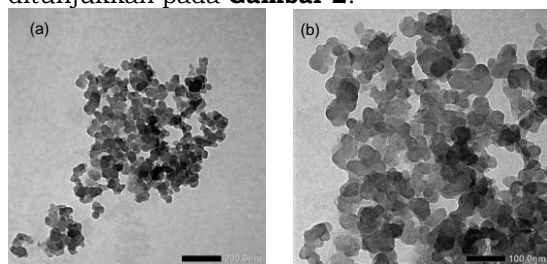


**Gambar 1.** Spektra FT-IR nanopartikel karbon aktif hasil fabrikasi.

Terlihat pada **Gambar 1**, pita serapan kuat pada  $3435,72 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan regangan O-H pada gugus hidroksil. Pita serapan pada  $2922,94 \text{ cm}^{-1}$  dan  $2852,6 \text{ cm}^{-1}$  berasal dari gugus C-H alifatik. Pita serapan pada  $1651,14 \text{ cm}^{-1}$  berasal dari regangan C=O pada laktone dan gugus karboksil atau regangan C=C pada cincin aromatis. Pita serapan pada  $1384,74 \text{ cm}^{-1}$  berasal dari regangan C-H dari  $\text{CH}_3$  dan pita serapan pada  $1110,86 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan regangan C-O dari gugus hidroksil atau regangan C-O-C [10]. Hasil ini sama dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh referensi [11, 12], mirip dengan referensi [13].

### 3.3. Karakterisasi TEM Nanopartikel Karbon Aktif

Ukuran partikel dan morfologi nanopartikel karbon aktif dikarakterisasi menggunakan TEM. Gambar TEM nanopartikel karbon aktif ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Citra TEM nanopartikel karbon aktif, (a) perbesaran 5000x, (b) perbesaran 20000x.

Terlihat pada **Gambar 2**, citra TEM nanopartikel karbon aktif dengan skala bar 200 nm (kiri) dan 100 nm (kanan), menunjukkan bahwa partikel karbon aktif berupa agregat yang terdiri dari partikel-partikel karbon berbentuk sperik dengan ukuran yang cukup seragam. Rata-rata ukuran partikel karbon aktif yaitu  $\sim 50 \text{ nm}$ . Bentuk, morfologi serta ukuran dari nanopartikel karbon yang dibuat mirip dengan hasil yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya [14].

### 3.4. Skrining Fitokimia Ekstrak Air Daging Buah Nanas

Skrining fitokimia dilakukan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui kandungan senyawa bioaktif yang terkandung di dalam ekstrak air daging buah nanas. Hasil skrining fitokimia ekstrak air buah nanas ditunjukkan pada **Tabel 1**.

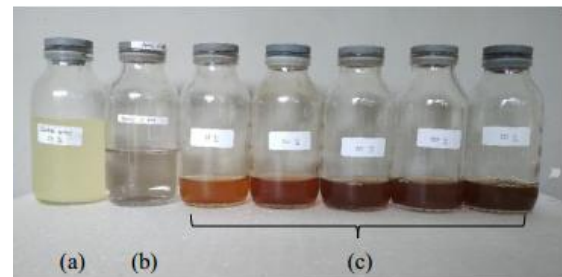
**Tabel 1.** Hasil skrining fitokimia ekstrak air daging buah nanas

Fitokimia	Hasil uji
<b>Alkaloid</b>	Ada (+)
<b>Flavonoid</b>	Ada (+)
<b>Tanin</b>	Ada (+)
<b>saponin</b>	Ada (+)

Terlihat pada **Tabel 1**, uji fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak buah nanas mengandung flavonoid, saponin, tanin dan alkaloid. Hasil ini sesuai dengan yang dilaporkan referensi [15] yang melaporkan adanya kandungan flavonoid, saponin, tanin dan alkaloid dalam ekstrak air buah nanas. Referensi [6] juga melaporkan adanya keempat senyawa tersebut dalam ekstrak air dan ekstrak etanol buah nanas. Senyawa-senyawa metabolit sekunder ini diperkirakan akan berperan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak air buah nanas.

### 3.5. Sintesis Nanopartikel Perak

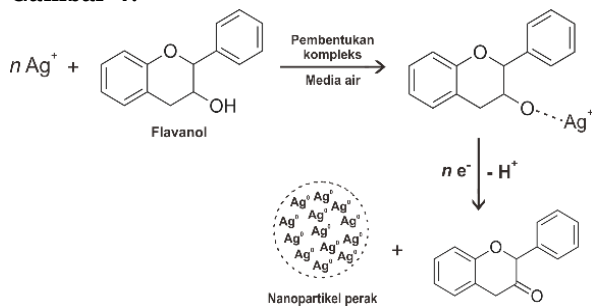
Hasil sintesis ramah lingkungan nanopartikel perak menggunakan ekstrak buah nanas berupa koloid. Karakter warna koloid nanopartikel perak P1, P2, P3, P4 dan P5 ditunjukkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Karakter warna dari (a) ekstrak buah nanas (b) larutan  $\text{AgNO}_3$  dan (c) koloid nanopartikel perak P1, P2, P3, P4 dan P5

Terbentuknya warna pada larutan disebabkan oleh absorpsi cahaya dan pancaran cahaya pada daerah cahaya tampak akibat adanya resonansi plasmon atau yang biasa disebut surface plasmon resonance (SPR). SPR merupakan gabungan osilasi elektron bermuatan yang tereksitasi oleh cahaya pada nanopartikel [16]. Perubahan warna yang dapat diamati pada sintesis nanopartikel perak yaitu perubahan warna dari kuning menjadi coklat kemerahan. Perubahan warna larutan dari kuning menjadi coklat kemerahan menunjukkan bahwa ion perak telah tereduksi. Warna koloid nanopartikel perak semakin coklat dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak buah dan waktu sintesis. Serapan ini sangat tergantung pada

ukuran partikel, dielektrik medium dan lingkungan kimia [17]. Mekanisme reduksi  $Ag^+$  dari larutan  $AgNO_3$  oleh salah satu komponen kimia ekstrak buah nanas flavonoid diusulkan seperti pada **Gambar 4**.

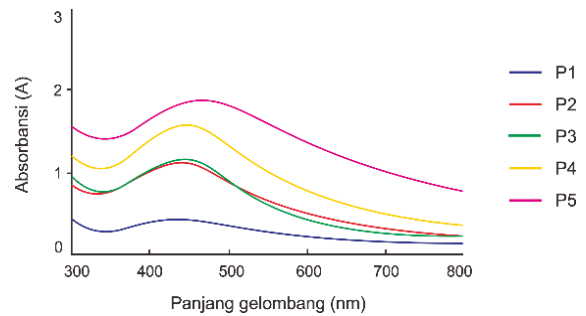


**Gambar 4.** Mekanisme reduksi  $Ag^+$  dari larutan  $AgNO_3$  oleh salah satu senyawa metabolit sekunder flavonoid

Pada reaksi ini, nukleasi nanopartikel perak terbentuk karena adanya transfer muatan dari flavanol kepada ion  $Ag^+$ . Melalui gaya coulomb molekul-molekul dan fitokimia dalam ekstrak terserap pada nanopartikel perak dan membentuk lapisan ganda elektrostatik. Karena adanya gaya van der waals, terbentuk *diffuse double layer* akibat adanya penyerapan lapisan-lapisan fitokimia disekeliling lapisan ganda elektrostatik. Penghalang sterik atau elektrostatik terjadi di permukaan nanopartikel perak karena variabilitas struktur molekul dari fitokimia yang terkandung di dalam ekstrak. Hal ini membantu melindungi nanopartikel yang terbentuk, membatasi aglomerasi dan meningkatkan stabilitasnya [5].

**3.6. Karakterisasi UV-Vis**

Sifat optik dari nanopartikel perak dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Terbentuknya warna pada koloid nanopartikel perak disebabkan absorpsi cahaya dan pancaran cahaya pada daerah cahaya tampak akibat adanya resonansi plasmon atau yang biasa disebut *surface plasmon resonance* (SPR). SPR merupakan gabungan osilasi elektron bermuatan yang tereksitasi oleh cahaya pada nanopartikel logam [18]. Ketika frekuensi medan elektromagnetik menjadi resonan dengan gerak koheren elektron, maka akan terbentuk serapan yang kuat, yang merupakan asal dari warna yang terlihat. Serapan ini sangat tergantung pada ukuran partikel, dielektrik medium dan lingkungan Kimia [16]. Spektrum penyerapan optik koloid nanopartikel perak P1, P2, P3, P4 dan P5 yang diperoleh pada konsentrasi ekstrak buah yang berbeda ditunjukkan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Spektra UV-Vis koloid nanopartikel perak pada berbagai variasi konsentrasi ekstrak buah nanas

Terlihat pada **Gambar 5**, nanopartikel perak menunjukkan puncak penyerapan yang intens di wilayah cahaya tampak karena eksitasi plasmon permukaan. Koloid nanopartikel perak P1 menunjukkan serapan SPR pada panjang gelombang 441,5 nm mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak. SPR pada koloid nanopartikel perak P2, P3, P4 dan P5 berturut-turut adalah 442,0nm, 444,5 nm, 446,5 nm dan 465,5 nm. Terjadi perubahan panjang gelombang ke arah panjang gelombang yang lebih besar dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak. Ukuran partikel perak yang lebih kecil akan ditunjukkan oleh panjang gelombang yang lebih kecil dan frekuensi serta energi yang lebih tinggi [17]. Hasil ini menunjukkan bahwa diameter nanopartikel perak yang dibuat meningkat dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak buah. Hasil ini juga mirip dengan yang dilaporkan oleh referensi [19].

**3.7. Uji Antibakteri**

Uji aktivitas antibakteri dari nanopartikel perak hasil sintesis terhadap bakteri gram positif (*S. aureus*) dan gram negatif (*E. coli*) dilakukan dengan metode cakram kertas. Hasil uji antibakteri nanopartikel perak ditunjukkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Diameter zona hambat nanopartikel perak

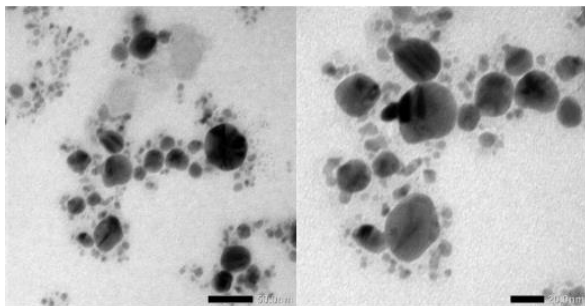
Sampel	Zona hambat (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
P1	2,02	2,02
P2	2,02	2,02
P3	2,17	2,07
P4	2,22	2,17
P5	2,27	2,07

Terlihat pada **Tabel 2**, diameter zona hambat rata-rata nanopartikel perak untuk bakteri *E. coli* yaitu 2,14 mm dan untuk *S. aureus* sebesar 2,07 mm. Aktivitas antibakteri nanopartikel perak yang

didapat tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan untuk semua variasi (P1, P2, P3, P4 dan P5). Hal ini dikarenakan ukuran partikel perak pada koloid nanopartikel perak yang disintesis belum seragam, sedangkan efek antibakteri dari nanopartikel perak sangat bergantung pada bentuk dan ukuran dari nanopartikel perak [20]. Berdasarkan hasil uji antibakteri dan UV-Vis maka koloid nanopartikel perak P1 yang akan dikarakterisasi dengan TEM dan digunakan dalam sintesis nanokomposit AC-AgNPs.

### 3.8. Karakterisasi TEM

Analisis TEM digunakan untuk mengetahui ukuran, bentuk serta morfologi dari nanopartikel perak hasil sintesis. Gambar TEM dari koloid nanopartikel perak (P1) ditunjukkan pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Gambar TEM dari koloid nanopartikel perak (P1)

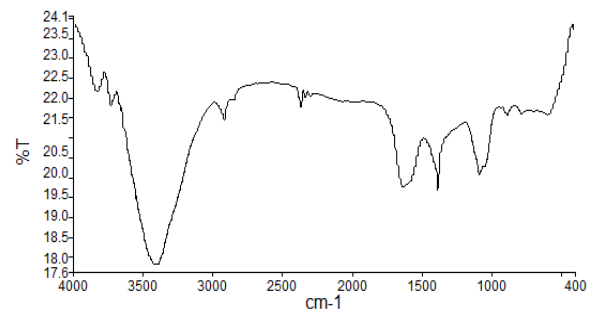
Terlihat pada **Gambar 6**, nanopartikel perak (P1) dengan skalar bar 50 nm (kiri) dan 20 nm (kanan) menunjukkan nanopartikel perak yang disintesis berbentuk sferik dengan ukuran partikel yang beragam antara 10 nm – 50 nm. Hasil ini sesuai dengan spektra UV-Vis koloid nanopartikel perak yang menunjukkan adanya serapan SPR pada panjang gelombang 441,5 nm. Gambar TEM juga menunjukkan nanopartikel perak yang terbentuk cukup stabil yang ditunjukkan tidak adanya partikel perak yang berukuran lebih dari 100 nm. Walaupun disimpan dalam waktu yang cukup lama, nanopartikel perak yang dihasilkan tidak mengalami agregasi yang signifikan. Pada kasus ini dapat diperkirakan bahwa keberadaan sejumlah besar biomolekul dalam ekstrak dan interaksi yang kuat antara biomolekul dalam ekstrak buah dengan permukaan nanopartikel cukup untuk pembentukan nanopartikel perak dan juga menstabilkan nanopartikel yang terbentuk [5]

### 3.9. Fabrikasi Nanokomposit AC-AgNPs

Pembuatan nanokomposit AC-AgNPs dilakukan dengan metode ultrasonikasi. Penggunaan gelombang ultrasonik memicu pengendapan nanopartikel logam pada permukaan karbon [19, 21]. Ultrasonikasi dilakukan dengan variasi waktu 10, 20 dan 30 menit yang selanjutnya disebut NK 10, NK 20 dan NK 30. Hasil yang didapatkan berupa koloid nanokomposit AC-AgNPs

yang selanjutnya diuji aktivitas antibakterinya dan dikarakterisasi menggunakan TEM.

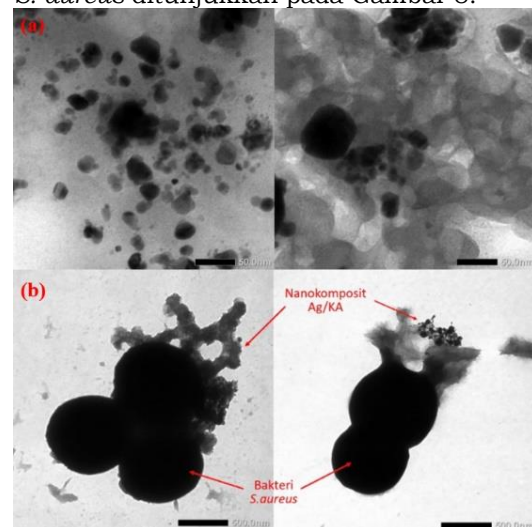
Spektra FT-IR nanokomposit Ag/KA (NK 30) ditunjukkan pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Spektra FTIR nanokomposit AC-AgNPs (NK 30)

Terlihat pada **Gambar 7**, spektra FTIR nanokomposit AC-AgNPs menunjukkan pita serapan kuat pada 3400,14  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan regangan O-H pada gugus hidroksil. Pita serapan pada 2921,6  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan regangan C-H alifatik. Pita serapan pada 1630,3  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan regangan C=C pada cincin aromatik atau regangan C=O pada laktone atau gugus karboksil. Pita serapan pada 1384,44  $\text{cm}^{-1}$  merupakan regangan C-H dari gugus  $\text{CH}_3$ . Pita serapan pada 1080,05  $\text{cm}^{-1}$  merupakan regangan C-O dari gugus hidroksil atau regangan C-O-C [10]. Spektra FTIR nanokomposit menunjukkan perbedaan dari spektra FTIR karbon aktif nanopartikel. Terdapat pergeseran bilangan gelombang pita serapan untuk gugus O-H yaitu dari 3435,72  $\text{cm}^{-1}$  menjadi 3400,14  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C=O dari 1651,14  $\text{cm}^{-1}$  menjadi 1630,3  $\text{cm}^{-1}$  dan gugus C-O dari 1110,86  $\text{cm}^{-1}$  menjadi 1080,05  $\text{cm}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara nanopartikel perak dengan gugus-gugus OH, C=O dan C-O pada permukaan nanopartikel karbon aktif.

Gambar TEM dari koloid nanokomposit AC-AgNPs (NK 30) dan interaksinya dengan sel bakteri *S. aureus* ditunjukkan pada **Gambar 8**.



**Gambar 8.** Citra TEM (a) koloid nanokomposit AC-AgNPs (NK 30), (b) interaksi AC-AgNPs dengan sel bakteri *S. Aureus*.

Terlihat pada **Gambar 8**, TEM nanokomposit AC-AgNPs menunjukkan nanopartikel perak yang tersebar dipermukaan karbon aktif. Interaksi nanokomposit dengan sel bakteri juga dipelajari. Gambar TEM sel bakteri setelah diinteraksikan dengan nanokomposit menunjukkan nanokomposit menempel dipermukaan sel bakteri. Gambar lain menunjukkan sel bakteri mengalami lisis setelah nanokomposit melekat pada permukaan sel.

Mekanisme antibakteri nanokomposit AC-AgNPs meliputi penempelan nanokomposit pada dinding sel bakteri akibat tarikan elektrostatis antara nanopartikel perak dan membran sel bakteri yang akan menyebabkan perubahan fisik dan kerusakan membran. Nanopartikel perak juga dapat menembus masuk ke dalam sel bakteri dan berinteraksi dengan struktur seluler dan biomolekul seperti protein, lipid, dan DNA sehingga menyebabkan disfungsi dan kematian bakteri. Selain itu, mekanisme antibakteri nanopartikel perak juga karena kemampuannya menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan spesies radikal bebas [22].

Nanokomposit AC-AgNPs menunjukkan aktivitas antibakteri bakteri terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Diameter zona hambat nanokomposit AC-AgNPs pada bakteri uji ditunjukkan pada **Tabel 3**. Terlihat pada **Tabel 3**, diameter zona hambat rata-rata nanopartikel perak untuk bakteri *E. coli* yaitu 1,23 mm dan untuk *S. aureus* sebesar 2,07 mm. Aktivitas antibakteri dari nanokomposit pada variasi waktu ultrasonikasi 10, 20 dan 30 menit tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan lamanya waktu ultrasonikasi kurang memberikan pengaruh pada aktivitas nanokomposit yang dibuat.

**Tabel 3.** Diameter zona bening nanokomposit AC-AgNPs

Sampel	Zona hambat (mm)	
	<i>E. Coli</i>	<i>S. Aureus</i>
+ (Ampisilin)	16,22	8,42
- (Aquadest)	-	-
NK 10	1,22	2,02
NK 20	1,22	2,12
NK 30	1,25	2,07

#### 4. Kesimpulan

Nanopartikel perak berhasil disintesis dari AgNO<sub>3</sub> menggunakan bioreduktor ekstrak buah nanas. Komponen kimia dalam buah nanas yaitu flavonoid, saponin dan tanin berperan sebagai agen pereduksi sekaligus agen penstabil dalam sintesis nanopartikel perak. Nanopartikel perak yang didapat berbentuk sferik dengan ukuran partikel antara 10-50 nm. Nanokomposit AC-AgNPs berhasil

disintesis dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Nanokomposit yang disintesis menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* dengan diameter zona hambat rata-rata 1,23 mm untuk *E. coli* dan 2,07 mm untuk *S. aureus*

#### Daftar Pustaka

1. Tuan, T.Q., et al., *Preparation and properties of silver nanoparticles loaded in activated carbon for biological and environmental applications*. Journal of Hazardous Materials, 2011. **192**(3): p. 1321-1329.
2. Guzman, M., J. Dille, and S. Godet, *Synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles against gram-positive and gram-negative bacteria*. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 2012. **8**(1): p. 37-45.
3. Liu, F., et al., *Microwave synthesis Ag/reduced graphene oxide composites and enhanced antibacterial performance*. Materials Research Innovations, 2016. **20**(7): p. 512-517.
4. Tahir, K., et al., *Preparation, characterization and an efficient photocatalytic activity of Au/TiO<sub>2</sub> nanocomposite prepared by green deposition method*. Materials Letters, 2016. **178**: p. 56-59.
5. Bindhu, M.R. and M. Umadevi, *Surface plasmon resonance optical sensor and antibacterial activities of biosynthesized silver nanoparticles*. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2014. **121**: p. 596-604.
6. Jenitha, A.X. and A. Anusuya, *Phytochemical screening and in vitro antioxidant activity of ananas comosus*. International Journal of Research in Pharmacology & Pharmacotherapeutics, 2016. **5**(2): p. 162-169.
7. Ji, H., H. Sun, and X. Qu, *Antibacterial applications of graphene-based nanomaterials: recent achievements and challenges*. Advanced Drug Delivery Reviews, 2016. **105**(Part B): p. 176-189.
8. Gitipour, A., et al., *The impact of silver nanoparticles on the composting of municipal solid waste*. Environmental Science & Technology, 2013. **47**(24): p. 14385-14393.
9. Saravanan, A., et al., *Synthesis and characterization of metallic nanoparticles impregnated onto activated carbon using leaf extract of Mukia maderasapatna: Evaluation of antimicrobial activities*. Microbial Pathogenesis, 2016. **97**: p. 198-203.
10. Pavia, D.L., et al., *Introduction to Spectroscopy*. 4th ed. 2014, Boston: Cengage learning.
11. Hossain, M.A. and S. Islam, *Synthesis of carbon nanoparticles from kerosene and their characterization by SEM/EDX, XRD and FTIR*. American Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2013. **1**(2): p. 52.
12. Khalili, S., B. Khoshandam, and M. Jahanshahi, *Synthesis of activated carbon/polyaniline nanocomposites for*

- enhanced CO<sub>2</sub> adsorption*. RSC Advances, 2016. **6**(42): p. 35692-35704.
13. Wibawa, P.J., et al., *SEM, XRD and FTIR analyses of both ultrasonic and heat generated activated carbon black microstructures*. Heliyon, 2020. **6**(3): p. 1-11.
  14. Guo, B., et al., *Synergistic effect of co-exposure to carbon black and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles on oxidative stress in cultured lung epithelial cells*. Particle and Fibre Toxicology, 2009. **6**(1): p. 1-13.
  15. Kaushik, J. and N. Kundu, *Phytochemical screening, anti-oxidant and anti-microbial activity of polyphenolic flavonoids isolated from fruit of ananas comosus in various solvents*. International Journal of Scientific and Research Publications, 2018. **8**(2): p. 31-55.
  16. Link, S. and M.A. El-Sayed, *Optical properties and ultrafast dynamics of metallic nanocrystals*. Annual Review of Physical Chemistry, 2003. **54**(1): p. 331-366.
  17. Smitha, S.L., et al., *Studies on surface plasmon resonance and photoluminescence of silver nanoparticles*. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2008. **71**(1): p. 186-190.
  18. Mol, N.J.d. and M.J.E. Fischer, *Surface plasmon resonance: a general introduction*, in *Surface Plasmon Resonance*. 2010, Humana Press. p. 1-14.
  19. Wibawa, P.J., et al., *Green synthesized silver nanoparticles immobilized on activated carbon nanoparticles: Antibacterial activity enhancement study and its application on textiles fabrics*. Molecules, 2021. **26**(13): p. 3790.
  20. Agnihotri, S., S. Mukherji, and S. Mukherji, *Size-controlled silver nanoparticles synthesized over the range 5–100 nm using the same protocol and their antibacterial efficacy*. RSC Advances, 2014. **4**(8): p. 3974-3983.
  21. Muthoosamy, K. and S. Manickam, *State of the art and recent advances in the ultrasound-assisted synthesis, exfoliation and functionalization of graphene derivatives*. Ultrasonics Sonochemistry, 2017. **39**: p. 478-493.
  22. Abbaszadegan, A., et al., *The effect of charge at the surface of silver nanoparticles on antimicrobial activity against gram-positive and gram-negative bacteria: a preliminary study*. Journal of Nanomaterials, 2015. **2015**.