

# Eksplorasi Bibliometrik ‘Sintesis Hijau’ Nanopartikel Perak dan Aplikasinya dalam Bidang Kesehatan

Wisnu Widikdo<sup>1</sup>, Purwantiningsih<sup>1</sup>, Mohammad Khotib<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor

## 1. Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan cabang ilmu yang berkembang pesat saat ini dan membuka jalan untuk kemajuan di berbagai bidang seperti sains, kedokteran, dan teknik. Diantara nanomaterial, nanopartikel logam dan komposisinya banyak dipelajari karena aplikasinya yang luas. Nanopartikel mempunyai karakteristik unik karena luas permukaannya yang lebih besar dibanding partikel biasa. Aplikasi nanopartikel sangat luas, diantaranya sebagai agen *drug delivery*, *optical imaging* (Gao *et al.* 2004), deteksi dan terapi kanker (Singh *et al.* 2019, Zhang *et al.* 2019, Sachi Das *et al.* 2022). Selain itu, nanopartikel ini banyak digunakan dalam industri kosmetik, berfungsi sebagai agen antimikroba (Mata *et al.* 2016). Salah satu nanomaterial logam yang banyak dikembangkan adalah nanopartikel perak (AgNPs). AgNPs merupakan salah satu nanomaterial yang atraktif dalam bidang biomedis karena sifat fisikokimianya yang unik (Xu *et al.* 2020). Sifat fisikokimia AgNP seperti kimia permukaan, komposisi, morfologi, bentuk, ukuran, rentang ukuran partikel, reaktivitas saat dalam larutan, laju pelarutan, dan efektivitas dalam melepaskan ion, adsorpsi dan absorpsi menjadikannya bahan yang memiliki banyak kegunaan seperti antikanker, antimikroba, biofilm, dan lain lain (Singh *et al.* 2019, Aziz *et al.* 2020, Majeed *et al.* 2019). Beberapa aplikasi AgNPs dalam bidang medis yaitu membuat lapisan antibakteri (Salomoni *et al.* 2017), antivirus (Baram-Pinto *et al.* 2009), antiperadangan (Annaso. Patil *et al.* 2022), dan antikanker (Ratan *et al.* 2020).

Pendekatan sintesis AgNPs dengan metode fisik memerlukan banyak energi, peralatan mahal dan canggih, serta suhu dan tekanan tinggi. Proses reduksi ion perak ( $\text{Ag}^+$ ) menjadi perak ( $\text{Ag}^0$ ) menggunakan  $\text{NaBH}_4$  adalah metode yang sudah banyak digunakan karena efektivitas dan kesederhanaannya (Mehr *et al.* 2015). Tetapi di sisi lain, metode kimia memerlukan penggunaan agen pengurang beracun seperti natrium borohidrat ( $\text{NaBH}_4$ ) yang menimbulkan risiko besar bagi lingkungan dan kesehatan. Selain itu, zat kimia yang terletak di permukaan AgNP dapat memengaruhi efektivitas AgNPs; zat-zat ini dapat menghambat biokompatibilitas AgNP saat digunakan dalam aplikasi medis atau mengganggu aktivitas mikroba. Oleh karena itu, teknik ramah lingkungan yang memanfaatkan prekursor alami perlu dikembangkan untuk

memastikan penggunaan AgNPs yang berkelanjutan dan meminimalkan risiko pencemaran lingkungan.

Agen pereduksi alami yang digunakan untuk mereduksi logam perak dapat berasal dari ekstrak tanaman, bakteri, fungi, dan biopolimer (Tarannum *et al.* 2019). Tanaman dan bagian-bagiannya mengandung karbohidrat, lemak, protein, asam nukleat, pigmen dan beberapa jenis metabolit sekunder yang bertindak sebagai agen pereduksi untuk menghasilkan nanopartikel dari garam logam tanpa menghasilkan produk sampingan yang beracun. Senyawa fitokimia seperti protein, flavonoid, polisakarida, fenol, aldehida, dan asam organik, secara alami dapat mengubah  $Ag^+$  menjadi  $Ag^0$  dan menghasilkan AgNPs. Selain itu, senyawa fitokimia memiliki resistensi spasial dan tolakan elektrostatis untuk menstabilkan AgNPs (Liu *et al.* 2023, Afreen *et al.* 2020). Gugus fungsional dari ekstrak biologis seperti gugus amina, karbonil, dan hidroksil bertindak sebagai enzim esensial dalam bahan hijau kemudian melekat pada ion logam dan membentuk nanopartikel logam setelah reduksi membantu dalam mengatur dan memodifikasi proses sintesis nanopartikel (El-Seedi *et al.* 2024).

Bidang sintesis hijau nanopartikel perak (AgNPs) memang berkembang pesat. Metode sintesis hijau semakin diminati karena sifatnya yang ramah lingkungan dan mampu menghindari penggunaan bahan kimia beracun yang biasa digunakan dalam sintesis kimia tradisional (Iyyanar *et al.* 2023, Parmar *et al.* 2022). Namun, masih terdapat tantangan dan area yang memerlukan penelitian lebih lanjut. Misalnya, skalabilitas metode sintesis hijau serta konsistensi dalam ukuran dan bentuk nanopartikel yang dihasilkan adalah aspek yang perlu dieksplorasi lebih lanjut (Abdelghany *et al.* 2018). Selain itu, memahami efek jangka panjang dari AgNPs yang disintesis secara hijau terhadap kesehatan manusia dan lingkungan sangat penting. Secara keseluruhan, meskipun bidang ini terus maju, penelitian berkelanjutan sangat diperlukan untuk sepenuhnya memahami dan memanfaatkan potensi AgNPs yang disintesis secara hijau.

Belakangan ini, analisis bibliometrik telah menjadi alat yang efektif untuk menilai tren penelitian yang muncul melalui pemeriksaan informasi ilmiah yang luas. Pendekatan ini memberi para akademisi intuisi untuk memperoleh ide-ide inovatif berdasarkan data yang diambil dari basis data yang dapat diandalkan di seluruh dunia. Penelitian ini melakukan analisis bibliometrik komprehensif menggunakan pendekatan pemetaan sains terhadap tren penelitian sebelumnya, saat ini, dan yang sedang berkembang di bidang ini, mencakup periode dari tahun. Publikasi ilmiah tentang AgNP yang disintesis secara hijau dianalisis dan divisualisasikan menggunakan basis data Scopus dan perangkat lunak VOSviewer untuk mengidentifikasi artikel, penulis, dan tema penelitian yang berpengaruh dan berdampak. Penemuan dalam penelitian ini memberikan wawasan berharga tentang lanskap penelitian global, yang menjadi

sumber penting bagi pemula, peneliti, pembuat kebijakan, dan profesional industri. Dengan menyoroti kondisi terkini aplikasi medis dalam penelitian AgNPs hijau, temuan ini dapat membantu mengarahkan penelitian di masa depan dan mendorong solusi produksi yang berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Pengumpulan Data

Data bibliografi dikumpulkan dari basis data Scopus berfokus pada artikel yang berhubungan tentang sintesis hijau nanopartikel perak dan aplikasinya dalam bidang medis/kesehatan dengan kata kunci pencarian "Green Synthesis of Silver Nanoparticle and Its Application in Medicinal". Pencarian dilakukan pada 24 Desember 2024, dengan rentang publikasi dari tahun 2012 sampai tahun 2025, hasilnya ada 438 publikasi ilmiah. Data publikasi kemudian dianalisis dengan perangkat lunak VOSviewer, Bibliometrix dengan basis RStudio yang memfasilitasi pembuatan data, tren, dan visualisasi jaringan untuk pemetaan dan pengelompokan bibliografi.

### 2.2 Pendekatan Bibliometrik

Penelitian ini menggunakan analisis bibliometrik menggunakan teknik pemetaan saintifik untuk menganalisis basis data bibliografi. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Bibliometrix*, RStudio, dan VOSviewer. Ekstraksi data dilakukan dari basis data Scopus dengan kata pencarian *Green Synthesis of Silver Nanoparticle and Its Medicinal Application*. Pencarian ini menghasilkan 438 artikel yang kemudian akan diseleksi. Gambar 1 menggambarkan tren publikasi tahunan tentang aplikasi medis dari AgNPs hijau serta artikel yang dikutip berdasarkan kata kunci yang dicari. Metode ini secara sistematis memeriksa banyak artikel dalam bidang penelitian tertentu dan mengidentifikasi tren publikasi tahunan yang muncul, yang menunjukkan peningkatan publikasi dengan puncaknya pada tahun 2024.

Analisis dalam penelitian ini mencakup ko-sitasi (*co-citation*), analisis negara dengan jurnal terbanyak, analisis institusi, analisis kata kunci, analisis jurnal, analisis penulis (*authors of journal*) dan *co-citation network*. Penelitian ini juga mengamati pertumbuhan dan perkembangan bidang-bidang baru yang muncul. Artikel penelitian ini menyelidiki publikasi yang sering dikutip, kata kunci yang digunakan, dan pertumbuhan publikasi. Studi literatur ini menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* untuk mengidentifikasi tema penelitian dan memberikan visualisasi *co-citation network*. Pemeriksaan statistik terhadap artikel yang diterbitkan secara objektif menggambarkan interkoneksi antara makalah pada area penelitian atau disiplin ilmu tertentu. Oleh karena itu, metode ini mengevaluasi kekuatan koneksi antara publikasi yang relevan dalam bidang atau domain tertentu. Perangkat lunak *VOSviewer*

mengekstrak dan menganalisis judul artikel, abstrak, dan kata kunci penulis dari basis data Scopus.

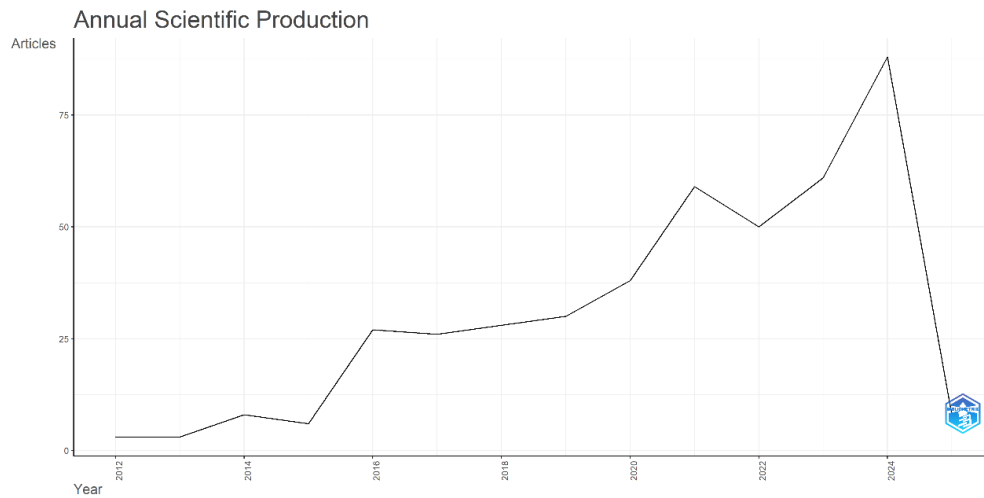
### 3. Hasil Penelitian

#### 3.1 Informasi Umum

Informasi umum dan karakteristik publikasi yang disertakan 435 artikel dari 250 sumber artikel ilmiah, dengan total 23.811 referensi dan 2189 penulis. Tingkat pertumbuhan tahunan jumlah publikasi adalah 7,84%. Jumlah rata-rata kutipan per artikel adalah 28,23. Selain itu, tingkat penulisan bersama internasional adalah 31,49% dalam studi ini. Jumlah publikasi tahunan dan kutipan dalam bidang ini ditunjukkan pada Gambar 1. Jumlah total kutipan sintesis hijau nanopartikel perak dan aplikasinya dalam bidang medis meningkat tajam dari tahun 2022 hingga 2024 mencapai puncaknya pada 88 artikel pada tahun 2024.

Tabel 1 Informasi Umum dan Karakteristik dalam Publikasi

<b>Description</b>	<b>Results</b>
<b>MAIN INFORMATION ABOUT DATA</b>	
Timespan	2012:2025
Sources (Journals, Books, etc)	250
Documents	435
Annual Growth Rate %	7,84
Document Average Age	3,22
Average citations per doc	28,23
References	23811
<b>DOCUMENT CONTENTS</b>	
Keywords Plus (ID)	3973
Author's Keywords (DE)	1072
<b>AUTHORS</b>	
Authors	2189
Authors of single-authored docs	12
<b>AUTHORS COLLABORATION</b>	
Single-authored docs	12
Co-Authors per Doc	5,57
International co-authorships %	31,49



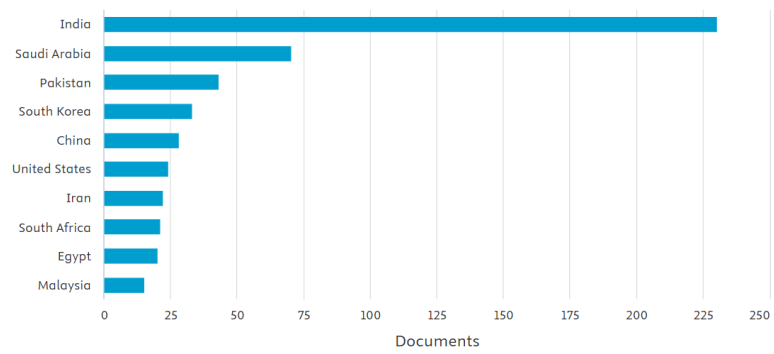
Gambar 1 Diagram Jumlah Publikasi ”Sintesis Hijau Nanopartikel Perak dan Aplikasinya dalam Bidang Medis” dari tahun 2012-2025

### 3.2 Analisis Negara (*Analysis of Countries*)

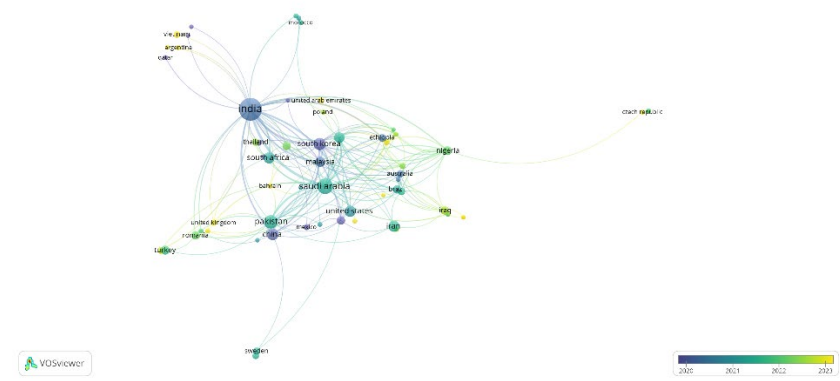
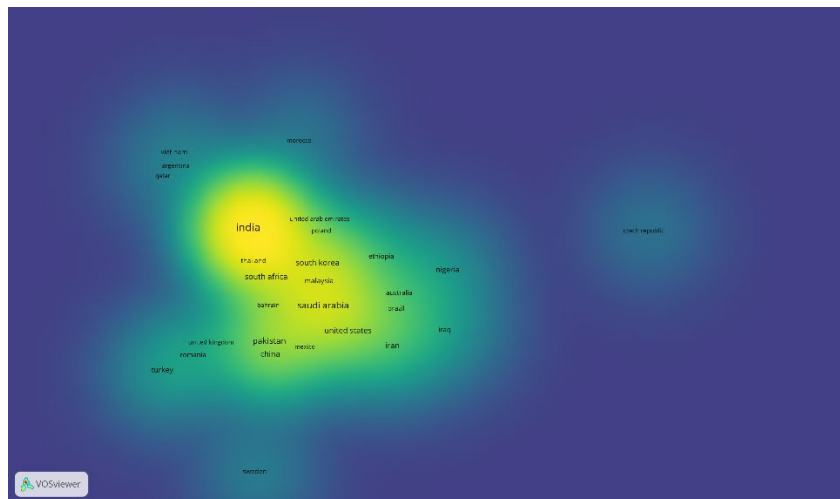
Analisis negara dan wilayah tempat publikasi berasal dapat memberikan wawasan tentang perkembangan ilmu pengetahuan pada bidang ini. Oleh karena itu, penelitian ini mengemukakan 10 negara dan wilayah paling produktif dalam studi sintesis hijau nanopartikel perak dan aplikasinya pada bidang medis (Tabel 2 dan Gambar 2). Publikasi untuk studi ini berasal dari 69 negara . Gambar 2 menggambarkan distribusi publikasi publikasi di bidang ini, dengan India dan Arab Saudi yang mendominasi selama beberapa dekade terakhir. Untuk menilai pengaruh publikasi ini, penelitian ini juga menganalisis total kutipan menurut negara. India dan Arab Saudi kembali menempati peringkat kedua teratas, masing masing dengan lebih dari 2000 kutipan (Tabel 2). Gambar 3 (a) memvisualisasikan kepadatan publikasi diantara negara-negara. India dan Arab Saudi memiliki volume publikasi yang lebih tinggi dibandingkan negara negara lain. Gambar 3(b) menggambarkan distribusi garis waktu kontribusi dari berbagai negara dengan China, Korea Selatan, Itali dan Meksiko menjadi kontributor paling awal di bidang sintesis hijau nanopartikel perak dan aplikasinya dalam bidang kesehatan.

### Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Gambar 2 Sebaran Publikasi *Green Synthesis of Silver Nanoparticle and Its Medicinal Potential*



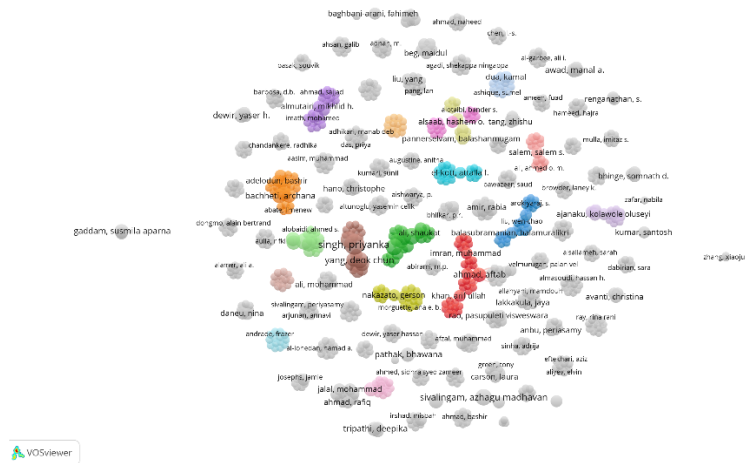
Gambar 3 (a) Visualisasi densitas dari jaringan *co-authorship* dari berbagai negara (b) Visualisasi *timeline* dari jaringan *co-authorship* dari berbagai negara

### 3.3 Analisis Penulis

Berdasarkan basis data Scopus, 2228 penulis telah berkontribusi pada bidang ini. Tabel 2 memberikan informasi tentang 10 penulis paling produktif dalam sintesis hijau nanopartikel perak dan aplikasinya dalam bidang medis. Bacheti, Archana adalah penulis dengan total kekuatan ikatan/ *total link strength*(TLS) paling tinggi yaitu 30. TLS menunjukkan total kekuatan tautan kepenulisan bersama (*co-authorsip*) dari seorang peneliti tertentu dengan peneliti lain. TLS menunjukkan kekuatan koneksi antara item dalam suatu jaringan. Di sisi lain, Singh, priyanka merima jumlah sitassi tertinggi (1627) di bidang ini. Untuk memahami kolaborasi antara penulis berbeda, penelitian ini menggunakan VOSviewer untuk membuat peta jaringan kolaborasi penulis pada Gambar 4.

Tabel 2 Penulis Paling Produktif dalam Bidang Sintesis Hijau AgNPs dan Aplikasinya dalam Bidang Medis

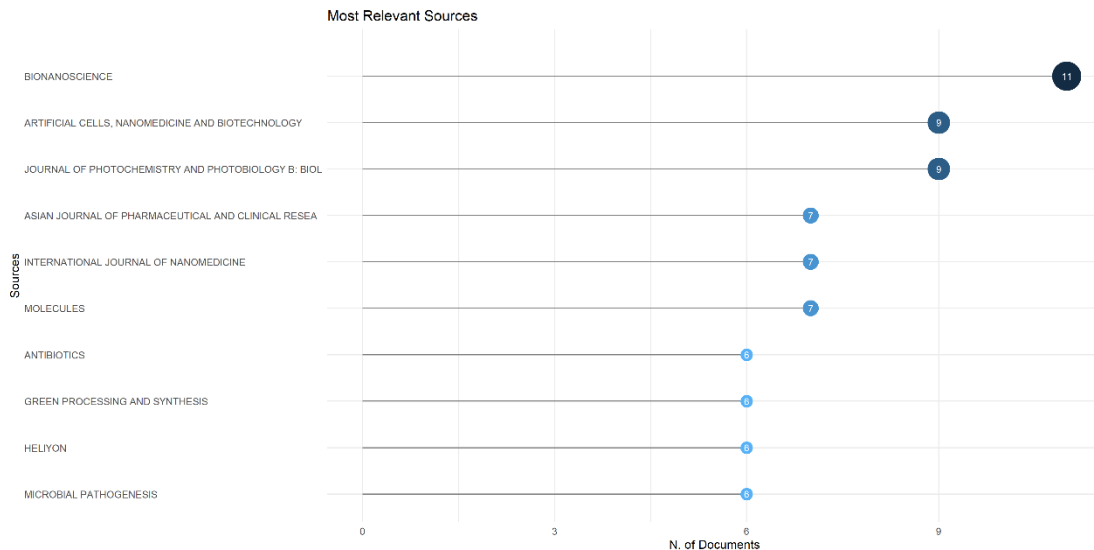
<b>Penulis</b>	<b>Artikel</b>	<b><i>Articles Fractionalized</i></b>
ALI S	6	0,71
SINGH P	6	2,03
GHOSH S	5	1,33
KIM Y-J	5	0,79
AHMAD I	4	0,53
ALI M	4	0,55
BENELLI		
G	4	0,97
DEWIR		
YH	4	0,64
KHALIL		
AT	4	0,49
KHAN AU	4	0,60



Gambar 4 Peta jaringan kolaborasi penulis

### 3.4 Analisis Jurnal

Pentingnya mengidentifikasi jurnal berkualitas tinggi dan menerbitkan artikel di dalamnya untuk menjangkau pembaca yang lebih luas tidak dapat diabaikan. Sejak tahun 2012-2024, ada 250 jurnal dan 435 artikel. Setelah melakukan analisis menyeluruh, penelitian ini menemukan bahwa Jurnal *Bionanoscience* menduduki peringkat pertama dalam jumlah total publikasi dan *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* memiliki h-indeks tertinggi. Gambar 5 menampilkan jumlah publikasi untuk sepuluh jurnal paling produktif.

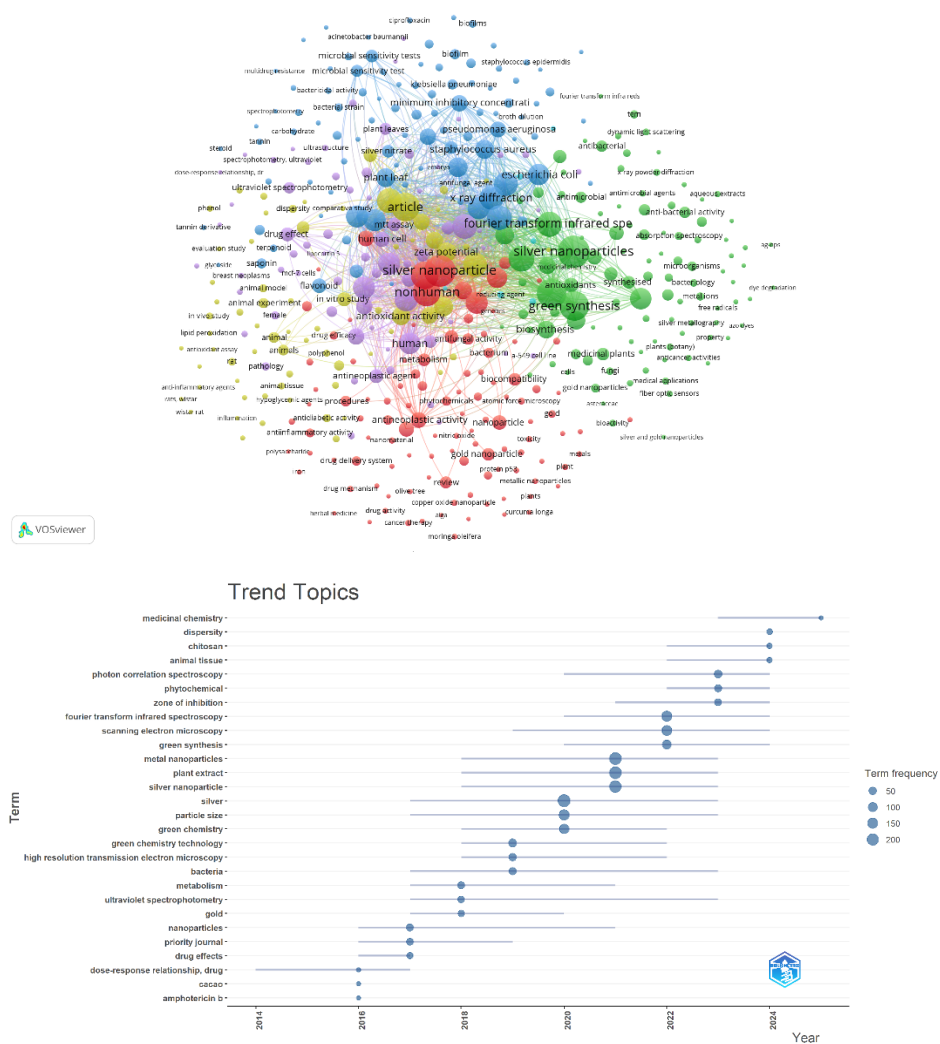


Gambar 5 Jumlah publikasi dari sepuluh jurnal terproduktif



### 3.5 Analisis Kata Kunci

Analisis kata kunci memainkan peran penting dalam membantu para akademisi memahami tren dan *hotspot* di bidang sintesis hijau nanopartikel perak dan aplikasinya dalam bidang medis. Tabel 3 mencantumkan kata kunci paling umum dari basis data Scopus. Kata kunci "silver nanoparticle", "plant extract", "metal nanoparticle", "nonhuman", dan "controlled study" merupakan 5 kata kunci di lima peringkat teratas. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak VOSviewer dan Bibliometrix untuk menganalisis peningkatan kata kunci yang ditampilkan pada Gambar 6. Kata kunci "phytochemical", "medicinal chemistry", "chitosan" yang muncul setelah tahun 2022, menunjukkan bahwa *hotspot* penelitian terbaru terutama berfokus pada peran AgNPs dalam bidang kimia obat.



Gambar 6 (a) Visualisasi kata kunci dan (b) Tren topik dari penelitian

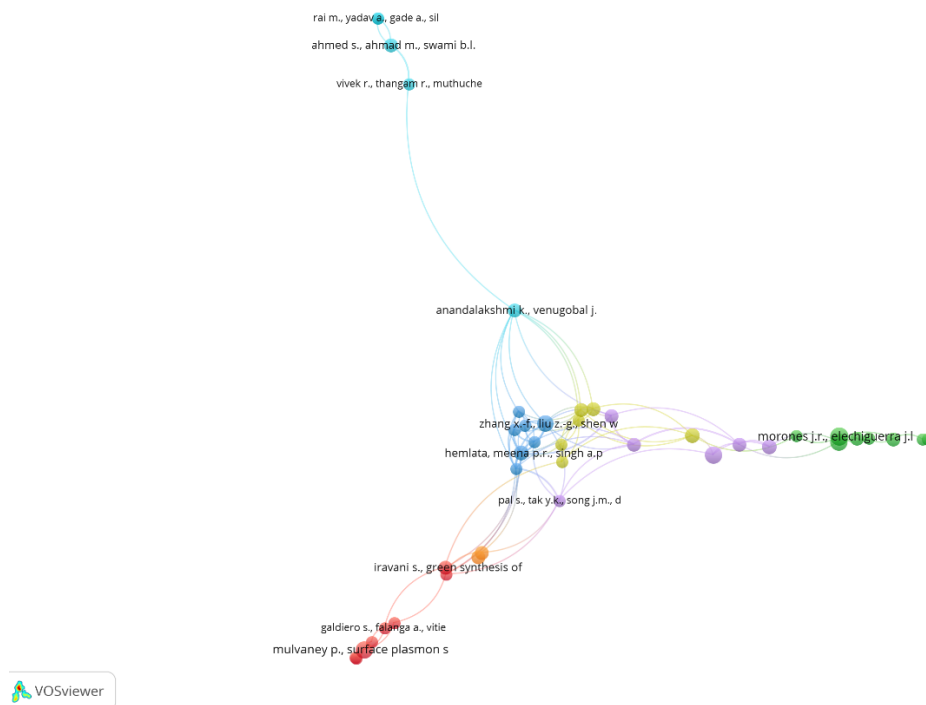
Tabel 3 Kata kunci paling umum

<b>Kata kunci</b>	<b>Occurrences</b>
silver nanoparticles	230
silver nanoparticle	225
green synthesis	197
plant extract	175
nonhuman	170
plant extracts	150
fourier transform infrared spectroscopy	143
silver	138
controlled study	135

### 3.6 Analisis ko-sitasi

Analisis ko-sitasi berfungsi untuk mengidentifikasi artikel ilmiah yang mempunyai pengaruh signifikan dalam satu domain riset spesifik. Analisis ini melibatkan pemetaan kluster dan menghasilkan 23752 artikel rujukan yang dikutip, 40 artikel diantaranya memenuhi ambang batas 4 kutipan/sitasi. Dari banyak referensi, artikel dengan judul ” **Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Properties, Applications, and Therapeutic Approaches**” yang ditulis oleh Zhang et al. (2016) dengan *total link strength* (TLS) sebesar 17 dan sitasi sebanyak 7 merupakan publikasi paling berpengaruh dalam domain riset sintesis hijau nanopartikel perak dan aplikasinya dalam bidang medis yang ditampilkan dalam tabel 1 dan gambar 1 Delapan kelompok/kluster memiliki karakteristik yang berbeda.

Kluster 1 (node hijau) terdiri dari 7 artikel dan dapat dilabeli dengan ”sintesis nanopartikel dengan berbagai metode, termasuk metode hijau dan efek antimikrobanya”. Senyawa fitokimia dalam tanaman seperti fenol, protein, flavonoid, asam lemak, dan aldehida dapat berperan sebagai agen pereduksi dan penstabil alami untuk mengubah AgNO<sub>3</sub> menjadi AgNPs. Oleh karena itu, tren yang muncul dalam sintesis AgNPs melalui pendekatan yang ramah lingkungan harus dieksplorasi. Ashraf et al. (2016) melaporkan sintesis hijau AgNPs dengan ekstrak *Aloe vera* sebagai agen pereduksi. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa AgNPs yang disintesis secara biologis memiliki potensi kemampuan anti-glikasi yang memungkinkan penggunaannya sebagai terapi dalam pengobatan komplikasi terkait diabetes. (Vijayakumar *et al.* 2013) melaporkan sintesis hijau AgNPs dengan ekstrak daun *Artemisia nilagirica*. Hasil penelitiannya mengungkapkan bahwa AgNPs yang disintesis memiliki potensi antibakteri yang bahkan lebih baik dibandingkan dengan obat referensi yang dipakai.



Gambar 1 Analisa ko-sitasi dari 39 artikel

Kluster 2 (node merah) terdiri dari 6 artikel dan dapat dilabeli sebagai "Efek parameter dan karakterisasi AgNPs hijau terhadap aktivitasnya seperti antibakteri, antiviral, dan lain lain". Dada et al. 2018 menunjukkan ada beberapa parameter yang mempengaruhi sintesis hijau AgNPs dengan menggunakan ekstrak daun *Tithonia diversifolia*, diantaranya adalah konsentrasi ekstrak dan prekursor, Pada konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi, terjadi perubahan intensitas akibat pergeseran batokromik yang menyebabkan pita lebar, ukuran lebih kecil, dispersi, dan agregasi lebih tinggi. Namun, intensitas lebih tinggi dan absorbansi lebih baik teramati pada kondisi Ag<sup>+</sup> yang lebih rendah. Penelitian Jyoti et al. (2016) menunjukkan bahwa AgNPs yang disintesis dengan ekstrak daun *Urtica dioica* Linn. menunjukkan aktivitas sinergistik dengan beberapa antibiotik seperti vankomisin, seftaksim, ampisilin, kanamisin, amikasin, dan sefepim.

Kluster 3 (node biru) terdiri dari 7 artikel dan dapat dilabeli sebagai "Mekanisme dan aplikasi AgNPs yang disintesis secara hijau sebagai agen terapeutik". Nanoteknologi hijau (*Green Nanotechnology*) adalah bidang ilmu yang menarik dan sedang berkembang. Bidang ini menggabungkan prinsip-prinsip kimia hijau dengan nanoteknologi untuk menciptakan proses dan produk yang berkelanjutan serta ramah lingkungan (Aboyewa et al. 2021). Zhang et al. (2016) menjelaskan bahwa AgNPs menunjukkan potensi dalam terapi kanker karena kemampuannya untuk menginduksi

apoptosis, menghambat angiogenesis, dan meningkatkan efek obat antikanker. Potensi AgNPs dieksplorasi dalam bidang diagnostik penyakit dan sebagai sistem pengiriman obat. Penelitian Hemlata et al. (2020) menunjukkan bahwa AgNPs yang disintesis dengan ekstrak daun *Cucumis prophetarum* memiliki sifat antiproliferatif pada sel MCF-7. AgNPs dapat memicu produksi Spesi Oksigen Reaktif (ROS) dalam sel kanker. ROS ini dapat menyebabkan stres oksidatif, yang merusak komponen seluler seperti DNA, protein, dan lipid. Kerusakan oksidatif ini dapat memicu apoptosis (kematian sel terprogram) pada sel kanker. AgNPs juga dapat berinteraksi dengan DNA sel kanker, menyebabkan kerusakan DNA dan menghambat replikasi. Interaksi ini dapat terjadi melalui pembentukan kompleks dengan asam nukleat dan pemutusan ikatan hidrogen antara pasangan basa. Kerusakan DNA dapat mengakibatkan penghentian siklus sel dan apoptosis (Mikhailova 2020).

Kluster 4 (node kuning) terdiri dari 6 artikel dan dapat dilabeli sebagai "Peran dan pengaruh konsentrasi metabolit sekunder tumbuhan dalam sintesis hijau AgNPs". Mustapha et al. (2022) menunjukkan metabolit pada tumbuhan dapat berperan sebagai reduktor ion logam menjadi nanopartikel logam. Meskipun mekanisme yang mendasari bioreduksi ion belum sepenuhnya dipahami, telah dihipotesiskan bahwa bioreduksi perak pertama-tama melibatkan penangkapan ion perak pada permukaan protein dalam ekstrak tanaman melalui interaksi elektrostatis. Penelitian Ahmed et al. (2016) menunjukkan AgNPs yang disintesis dengan ekstrak daun *Azadirachta indica* memiliki aktivitas antimikroba terhadap *E.coli* dan *S.aureus*. Penelitian Jain dan Mehata (2017) mempelajari pengaruh konsentrasi ekstrak tumbuhan, kuersetin, pH reaksi terhadap pembentukan AgNPs secara sistematis. Meningkatnya konsentrasi ekstrak daun *Ocimum sanctum* yang dicampur dengan larutan AgNO<sub>3</sub> akan menimbulkan pergeseran merah (*red shift*) pada puncak serapan spektrum UV-Vis. Hal ini menunjukkan peningkatan ukuran partikel. Konsentrasi kuersetin juga mempengaruhi ukuran partikel AgNPs. Peningkatan konsentrasi kuersetin menghasilkan partikel yang lebih besar hingga pada titik tertentu. Konsentrasi kuersetin yang terlalu tinggi menyebabkan warna larutan menjadi abu-abu gelap dan pembentukan nanopartikel terhambat.

Kluster 5 (node ungu) terdiri dari 6 artikel dan dapat dilabeli sebagai "Pengaruh bentuk AgNPs terhadap aktivitas antibakterinya". Pita absorpsi plasmon permukaan dari koloid logam dapat memberikan informasi tentang perkembangan struktur pita dalam logam. Posisi puncak absorpsi plasmon tergantung pada indeks refraksi medium sekitarnya. Studi ini menunjukkan bahwa absorpsi cahaya oleh partikel logam disebabkan oleh absorpsi oleh elektron konduksi daripada transisi antar pita (Mulaney 1996). Pembentukan AgNPs dapat dikonfirmasi menggunakan pita resonansi plasmon permukaan (SPR) yang ditunjukkan dalam spektrofotometri UV-vis. Puncak SPR

terjadi pada 434 nm, yang spesifik untuk nanopartikel perak (Prakash *et al.* 2013). Penelitian (Pal *et al.* 2007) menunjukkan adanya pengaruh bentuk AgNPs terhadap aktivitas antibakterinya. Nanopartikel perak berbentuk pelat segitiga terpotong dengan bidang kisi {111} sebagai bidang dasar menunjukkan aksi biocidal terkuat dibandingkan dengan nanopartikel berbentuk bulat dan batang. Bidang {111} memiliki kepadatan atom yang tinggi, yang meningkatkan reaktivitas dan kemampuan untuk merusak membran sel bakteri. Sedangkan, Nanopartikel perak berbentuk bulat umumnya memiliki bidang {100} dan beberapa bidang {111}. Meskipun efektif, nanopartikel bulat menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih rendah dibandingkan dengan pelat segitiga terpotong karena persentase bidang {111} yang lebih kecil.

Kluster 6 (node biru muda) terdiri dari 5 artikel dan dapat dilabeli dengan "Karakterisasi AgNPs dengan sintesis hijau sebagai antimikroba generasi baru". Nanoteknologi telah memungkinkan modifikasi logam menjadi ukuran nano, yang secara signifikan mengubah sifat kimia, fisika, dan optiknya. Nanopartikel perak muncul kembali sebagai agen antimikroba yang kuat karena rasio luas permukaan terhadap volume yang tinggi dan sifat uniknya (Rai *et al.* 2009). Penelitian Anandalakshmi *et al.* (2016) menunjukkan bahwa AgNPs yang disintesis dengan ekstrak daun *Pedaliium murex* menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan. Aktivitas antibakteri AgNPs yang disintesis dinilai terhadap berbagai strain bakteri, termasuk *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Micrococcus flavus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Bacillus pumilus*. AgNPs yang disintesis dengan ekstrak daun *Annona squamosa* menunjukkan sitotoksitas yang bergantung pada dosis terhadap sel kanker payudara manusia (MCF-7) dan sel epitel payudara normal (HBL-100) (Vivek *et al.* 2012). Kluster 7 (node jingga) terdiri dari 2 artikel dan dapat dilabeli sebagai "Pengembangan dan Penerapan Metode Assay untuk Penilaian Sitotoksitas dan Aktivitas Antimikroba Nanopartikel Perak Sintesis Hijau".

### 3.7 Diskusi

Sintesis hijau AgNPs adalah salah satu bidang ilmu yang berkembang pesat. Aplikasi AgNPs dalam bidang kesehatan juga salah satu tren penelitian yang banyak dilakukan dikalangan peneliti saat ini. AgNPs yang memiliki sifat antibakteri, antiviral, dan antifungal sangat berpotensi mempunyai penggunaan yang luas. Analisis bibliometrik ini telah menggunakan berbagai alat untuk mengevaluasi karakteristik saat ini dan memprediksi hotspot penelitian masa depan di bidang ini.

Studi ini merupakan pengungkapan komprehensif pertama dari peta pengetahuan global yang merinci tentang topik Sintesis Hijau AgNPs dan Aplikasinya dalam Bidang Medis. Dengan menggunakan metrik *scientometric* dan teknik visualisasi informasi, penelitian ini merangkum distribusi temporal dan spasial publikasi, serta kontribusi masing-masing, serta wawasan tentang tren evolusi dan jaringan yang saling terkait di antara penulis, jurnal, negara, dan institusi di bidang ini. Jumlah publikasi dan kutipan dapat berfungsi sebagai indikator penting dalam bidang penelitian tertentu. Publikasi dan penelitian mengenai topik ini berkembang cepat selama satu dekade terakhir. Hal ini menunjukkan bidang sintesis hijau AgNPs dan aplikasinya dalam bidang medis telah menarik perhatian yang semakin meningkat dan telah melonjak selama tiga puluh tahun terakhir. Berdasarkan analisis kemunculan kata kunci, kami dapat mengamati perubahan dinamis di bidang ini. Menurut Gambar 6(b), aplikasi nanomaterial dalam bidang kimia obat, penggunaan kitosan, dan sintesis hijau adalah tren yang muncul di bidang ini.

Analisis ko-sitasi mengelompokkan beberapa topik yang sudah diteliti. Analisis ini dapat memberikan inspirasi bagi peneliti selanjutnya mengenai topik selanjutnya yang berpotensi untuk diteliti dan dikembangkan.

#### **4. Simpulan**

Penelitian tentang sintesis hijau AgNPs dan aplikasinya dalam bidang medis telah mendapatkan daya tarik yang signifikan dalam komunitas penelitian sejak satu dekade terakhir. Kolaborasi antara berbagai negara, institusi, dan penulis di bidang ini telah mendorong kemajuan pesat di bidang ini. Baik eksplorasi mekanisme dasar maupun pengembangan nanomaterial canggih menjanjikan peningkatan praktik klinis dalam penggunaan AgNPs dalam bidang medis.

#### **Daftar Pustaka**

- Abdelghany TM, Al-Rajhi AMH, Al Abboud MA, Alawlaqi MM, Ganash Magdah A, Helmy EAM, Mabrouk AS. 2018. Recent Advances in Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Applications: About Future Directions. A Review. *Bionanoscience*. 8(1):5–16.doi:10.1007/s12668-017-0413-3.
- Aboyewa JA, Sibuyi NRS, Meyer M, Oguntibeju OO. 2021. Green synthesis of metallic nanoparticles using some selected medicinal plants from southern africa and their biological applications. *Plants*. 10(9).doi:10.3390/plants10091929.
- Afreen A, Ahmed R, Mehboob S, Tariq M, Alghamdi HA, Zahid AA, Ali I, Malik K, Hasan A. 2020. Phytochemical-assisted biosynthesis of silver nanoparticles from *Ajuga bracteosa* for biomedical applications. *Mater Res Express*. 7(7).doi:10.1088/2053-1591/aba5d0.

- Ahmed S, Saifullah, Ahmad M, Swami BL, Ikram S. 2016. Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract. *J Radiat Res Appl Sci*. 9(1):1–7.doi:10.1016/j.jrras.2015.06.006.
- Anandalakshmi K, Venugobal J, Ramasamy V. 2016. Characterization of silver nanoparticles by green synthesis method using *Pedaliu murex* leaf extract and their antibacterial activity. *Applied Nanoscience (Switzerland)*. 6(3):399–408.doi:10.1007/s13204-015-0449-z.
- Annaso. Patil P, Dalvi S, Dhaygude V, D. Shete S. 2022. Formulation of Silver Nanoparticle of *Cassia angustifoliaby* Using Green Synthesis Method and Screening for In-Vitro Anti-Inflammatory Activity. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*. 12:183–188.doi:10.35652/igjps.2022.12022.
- Ashraf JM, Ansari MA, Khan HM, Alzohairy MA, Choi I. 2016. Green synthesis of silver nanoparticles and characterization of their inhibitory effects on AGEs formation using biophysical techniques. *Sci Rep*. 6.doi:10.1038/srep20414.
- Aziz AT, Alshehri MA, Alanazi NA, Panneerselvam C, Trivedi S, Maggi F, Sut S, Dall'Acqua S. 2020. Phytochemical analysis of *Rhazya stricta* extract and its use in fabrication of silver nanoparticles effective against mosquito vectors and microbial pathogens. *Science of the Total Environment*. 700.doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134443.
- Baram-Pinto D, Shukla S, Perkas N, Gedanken A, Sarid R. 2009. Inhibition of herpes simplex virus type 1 infection by silver nanoparticles capped with mercaptoethane sulfonate. *Bioconjug Chem*. 20(8):1497–1502.doi:10.1021/bc900215b.
- Dada AO, Inyinbor AA, Idu EI, Bello OM, Oluyori AP, Adelani-Akande TA, Okunola AA, Dada O. 2018. Effect of operational parameters, characterization and antibacterial studies of green synthesis of silver nanoparticles using *Tithonia diversifolia*. *PeerJ*. 6.doi:10.7717/peerj.5865.
- El-Seedi HR, Omara MS, Omar AH, Elakshar MM, Shoukhba YM, Duman H, Karav S, Rashwan AK, El-Seedi AH, Altaleb HA, *et al*. 2024. Updated Review of Metal Nanoparticles Fabricated by Green Chemistry Using Natural Extracts: Biosynthesis, Mechanisms, and Applications. *Bioengineering*. 11(11).doi:10.3390/bioengineering11111095.
- Gao X, Cui Y, Levenson RM, Chung LWK, Nie S. 2004. In vivo cancer targeting and imaging with semiconductor quantum dots. *Nat Biotechnol*. 22(8):969–976.doi:10.1038/nbt994.
- Hemlata, Meena PR, Singh AP, Tejavath KK. 2020. Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using *Cucumis prophetarum* Aqueous Leaf Extract and Their Antibacterial and Antiproliferative Activity against Cancer Cell Lines. *ACS Omega*. 5(10):5520–5528.doi:10.1021/acsomega.0c00155.

- Iyyanar MD S C, Pandurangan A, Narayanan S, K Santhi S, Nisha HMN. 2023. Green Synthesis of AgNP Using *Ficus benghalensis* Aerial Root and its AchE Inhibiting Property. *Asian J Biol Life Sci.* 12(2):415–421.doi:10.5530/ajbls.2023.12.55.
- Jain S, Mehata MS. 2017. Medicinal Plant Leaf Extract and Pure Flavonoid Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles and their Enhanced Antibacterial Property. *Sci Rep.* 7(1).doi:10.1038/s41598-017-15724-8.
- Jyoti K, Baunthiyal M, Singh A. 2016. Characterization of silver nanoparticles synthesized using *Urtica dioica* Linn. leaves and their synergistic effects with antibiotics. *J Radiat Res Appl Sci.* 9(3):217–227.doi:10.1016/j.jrras.2015.10.002.
- Liu J, Liu Y, Wang X. 2023. Effects of bioactive compounds and pharmacological activities in medicinal fruits and vegetables by thermal processing. *Journal of Future Foods.* 3(3):252–262.doi:10.1016/j.jfutfo.2023.02.009.
- Majeed S, Bakhtiar NFB, Danish M, Mohamad Ibrahim MN, Hashim R. 2019. Green approach for the biosynthesis of silver nanoparticles and its antibacterial and antitumor effect against osteoblast MG-63 and breast MCF-7 cancer cell lines. *Sustain Chem Pharm.* 12.doi:10.1016/j.scp.2019.100138.
- Mata R, Bhaskaran A, Sadras SR. 2016. Green-synthesized gold nanoparticles from *Plumeria alba* flower extract to augment catalytic degradation of organic dyes and inhibit bacterial growth. *Particuology.* 24:78–86.doi:10.1016/j.partic.2014.12.014.
- Mehr FP, Khanjani M, Vatani P. 2015. Synthesis of nano-Ag particles using sodium borohydride. *Oriental Journal of Chemistry.* 31(3):1831–1833.doi:10.13005/ojc/310367.
- Mikhailova EO. 2020. Silver Nanoparticles: Mechanism of Action and Probable Bio-Application. *J Funct Biomater.* 11(4).doi:10.3390/jfb11040084.
- Mulvaney P. 1996. Surface Plasmon Spectroscopy of Nanosized Metal Particles.
- Mustapha T, Misni N, Ithnin NR, Daskum AM, Unyah NZ. 2022. A Review on Plants and Microorganisms Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles, Role of Plants Metabolites and Applications. *Int J Environ Res Public Health.* 19(2).doi:10.3390/ijerph19020674.
- Pal S, Tak YK, Song JM. 2007. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the gram-negative bacterium *Escherichia coli*. *Appl Environ Microbiol.* 73(6):1712–1720.doi:10.1128/AEM.02218-06.
- Parmar S, Kaur H, Singh J, Matharu AS, Ramakrishna S, Bechelany M. 2022. Recent Advances in Green Synthesis of Ag NPs for Extenuating Antimicrobial Resistance. *Nanomaterials.* 12(7).doi:10.3390/nano12071115.
- Prakash P, Gnanaprakasam P, Emmanuel R, Arokiyaraj S, Saravanan M. 2013. Green synthesis of silver nanoparticles from leaf extract of *Mimusops elengi*, Linn. for



- enhanced antibacterial activity against multi drug resistant clinical isolates. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 108:255–259.doi:10.1016/j.colsurfb.2013.03.017.
- Rai M, Yadav A, Gade A. 2009. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnol Adv*. 27(1):76–83.doi:10.1016/j.biotechadv.2008.09.002.
- Ratan ZA, Haidere MF, Nurunnabi M, Shahriar SM, Ahammad AJS, Shim YY, Reaney MJT, Cho JY. 2020. Green chemistry synthesis of silver nanoparticles and their potential anticancer effects. *Cancers (Basel)*. 12(4).doi:10.3390/cancers12040855.
- Sachi Das S, Singh SK, Verma PRP, Gahtori R, Sibuh BZ, Kesari KK, Jha NK, Dhanasekaran S, Thakur VK, Wong LS, *et al*. 2022. Polyester nanomedicines targeting inflammatory signaling pathways for cancer therapy. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 154.doi:10.1016/j.biopha.2022.113654.
- Salomoni R, Léo P, Montemor AF, Rinaldi BG, Rodrigues MFA. 2017. Antibacterial effect of silver nanoparticles in *Pseudomonas aeruginosa*. *Nanotechnol Sci Appl*. 10:115–121.doi:10.2147/NSA.S133415.
- Singh C, Kumar J, Kumar P, Chauhan BS, Tiwari KN, Mishra SK, Srikrishna S, Saini R, Nath G, Singh J. 2019. Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous leaf extract of *Premna integrifolia* (L.) rich in polyphenols and evaluation of their antioxidant, antibacterial and cytotoxic activity. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 33(1):359–371.doi:10.1080/13102818.2019.1577699.
- Singh S, Gill AAS, Nlooto M, Karpoormath R. 2019. Prostate cancer biomarkers detection using nanoparticles based electrochemical biosensors. *Biosens Bioelectron*. 137:213–221.doi:10.1016/j.bios.2019.03.065.
- Tarannum N, Divya, Gautam YK. 2019. Facile green synthesis and applications of silver nanoparticles: A state-of-the-art review. *RSC Adv*. 9(60):34926–34948.doi:10.1039/c9ra04164h.
- Vijayakumar M, Priya K, Nancy FT, Noorlidah A, Ahmed ABA. 2013. Biosynthesis, characterisation and anti-bacterial effect of plant-mediated silver nanoparticles using *Artemisia nilagirica*. *Ind Crops Prod*. 41(1):235–240.doi:10.1016/j.indcrop.2012.04.017.
- Vivek R, Thangam R, Muthuchelian K, Gunasekaran P, Kaveri K, Kannan S. 2012. Green biosynthesis of silver nanoparticles from *Annona squamosa* leaf extract and its in vitro cytotoxic effect on MCF-7 cells. *Process Biochemistry*. 47(12):2405–2410.doi:10.1016/j.procbio.2012.09.025.
- Xu L, Wang YY, Huang J, Chen CY, Wang ZX, Xie H. 2020. Silver nanoparticles: Synthesis, medical applications and biosafety. *Theranostics*. 10(20):8996–9031.doi:10.7150/thno.45413.

- Zhang XF, Liu ZG, Shen W, Gurunathan S. 2016. Silver nanoparticles: Synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. *Int J Mol Sci.* 17(9).doi:10.3390/ijms17091534.
- Zhang Y, Li M, Gao X, Chen Y, Liu T. 2019. Nanotechnology in cancer diagnosis: Progress, challenges and opportunities. *J Hematol Oncol.* 12(1).doi:10.1186/s13045-019-0833-3.