



Analisis Bibliometrik Penelitian Bio-Sintesis Nanopartikel Perak (NP-Ag) di Indonesia

Oman Zuas^{1,*}, Nazarudin², Salprima Yudha S³, Umi K. Yaumidin⁴, Suripto D. Yuwono⁵, Anthoni B. Aritonang⁶

¹PUSRISBANG-SDM, Badan Standardisasi Nasional, Gedung 420, Kawasan PUSPIPTK, 15314, Tangerang Selatan, Banten.

²Departemen Kimia, FMIPA Universitas Jambi, Jl. Tribrata KM 11 Pondok Meja, 36364, Jambi.

³Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Bengkulu, Jalan W.R. Supratman, 38371, Bengkulu.

⁴Pusat Riset Ekonomi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Gatot Subroto No. 10, DKI Jakarta.

⁵Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Lampung.

⁶Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak, 78124, Kalimantan Barat.

*E-mail korespondensi: zuas.oman@gmail.com

Info Artikel:

Dikirim:

07 April 2021

Revisi:

15 Juni 2021

Diterima:

30 Juli 2021

Kata Kunci:

Indonesia; logam perak, Ag⁰; sintesis hijau; VOSviewer.

Abstract

Tulisan ini menyajikan analisis bibliometrik terhadap artikel ilmiah yang terbit dalam kurun waktu 2011-2020 terkait penelitian bio-sintesis nanopartikel perak (NP-Ag) di Indonesia. Analisis bibliometrik dilakukan terhadap 55 artikel ilmiah yang diperoleh dari database Scopus. Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian bio-sintesis NP-Ag di Indonesia cukup mendapat banyak perhatian. *Trend* pertumbuhan artikel ilmiah terkait NP-Ag diperkirakan masih akan terus mengalami kenaikan untuk beberapa tahun ke depan. Posisi pertama untuk peneliti dan institusi yang paling produktif dalam memublikasikan artikel ilmiah masing-masing ditempati oleh Handayani, W., dan Universitas Indonesia (UI). Handayani, W. juga diketahui merupakan peneliti yang mempunyai jaringan kolaborasi yang terbanyak, dan untuk kolaborasi tingkat insitusi, di tempati oleh Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Untuk jurnal sebagai sumber artikel ilmiah yang paling menonjol ditempati oleh "Biointerface Research in Applied Chemistry". Lebih lanjut, hasil analisis konten mengisyaratkan bahwa penelitian bio-sintesis dimasa yang akan datang hendaknya melibatkan peneliti dari multidisiplin ilmu dengan hasil yang lebih inovatif, dengan arah dan skala pengembangan NP-Ag yang bersifat aplikatif, serta menuju arah industrilisasi.

PENDAHULUAN

Bio-sintesis NP perak (NP-Ag) telah menarik perhatian banyak kalangan karena penggunaan NP-Ag yang sangat luas dalam berbagai hal, seperti agen anti-mikroba, anti-jamur, anti-virus, anti-kanker, katalis dan material aktif dalam pengolahan air limbah [1]. Di Indonesia, penelitian terkait sintesis NP-Ag telah dimulai sejak lebih dari satu dekade yang lalu dan laporan publikasi menunjukkan angka yang cukup signifikan.

Analisis bibliometrik adalah metode yang banyak digunakan dalam mengidentifikasi tren penelitian dan isu terkini berdasarkan sejarah suatu publikasi [2]. Metode analisis bibliometrik merupakan sebuah proses tinjauan sistematis yang memungkinkan diperolehnya tinjauan umum suatu bidang penelitian yang dapat menghasilkan hasil kajian dengan konten yang lebih mendalam [3].

Berdasarkan pertimbangan untuk menyediakan wawasan dan pemahaman yang mendalam dan berguna terkait penelitian bio-sintesis NP-Ag di Indonesia, maka penting untuk dilakukan kajian literatur dengan cara yang sistematis. Dalam studi ini dilakukan kajian literatur menggunakan metode analisis bibliometrik terhadap artikel ilmiah bio-sintesis NP-Ag yang dipublikasikan oleh peneliti Indonesia untuk kurun waktu antara tahun 2011-2020. Adapun tujuan spesifik dari penelitian ini adalah untuk: memperoleh peta artikel ilmiah hasil penelitian bio-sintesis NP-Ag di Indonesia, memperoleh informasi terkait peneliti dan institusi di Indonesia yang menonjol dibidang ini, tingkat kerjasamanya dengan peneliti dan institusi lain, dan memperoleh informasi terkait adanya tema penelitian dan kerjasama dimasa yang akan datang.

METODE PENELITIAN

2.1.1. Sumber informasi dan strategi pencarian

Pencarian (*searching*) pada database Scopus hanya meliputi artikel ilmiah terkait penelitian bio-sintesis nanopartikel perak (NP-Ag) dengan jumlah pengarang lebih dari satu orang dan salah satu penulis harus berafiliasi dengan salah satu institusi di Indonesia, adapun afiliasi anggota penulis lainnya tidak dibatasi oleh negara asal. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian pada database Scopus adalah meliputi "(TITLE-ABS-KEY (*biosynthesis OR bio-synthesis OR (biogenic AND synthesis) OR (green AND synthesis) OR (plant* AND mediated AND synthesis) OR (ecofriendly AND synthesis) OR (microbial AND synthesis) OR (biological AND synthesis) OR (microorganism* AND synthesis)*)) AND TITLE-ABS-KEY (*silver AND nanoparticle**) AND AFFILCOUNTRY (*indonesia*)) "

2.1.2. Pa-analisis dan pembersihan data

Pra-analisis data dilakukan terhadap semua artikel ilmiah yang diperoleh dengan cara membaca judul, abstrak dan kata kunci serta membuang semua artikel ilmiah yang tidak terkait langsung dengan bio-sintesis NP-Ag. Pembersihan data terhadap artikel ilmiah dilakukan dengan mencermati semua kata kunci, afiliasi, dan nama dari penulis artikel. Hal tersebut didasarkan pada realita bahwa dapat saja terjadi kesalahan ejaan dalam penulisan kata kunci atau perbedaan penulisan nama dan afiliasi dari penulis artikel. Kemudian, hasil pembersihan data tersebut dikonstruksikan ke dalam sebuah file *thesaurus file* [4].

2.3. Data analysis and visualization

Data artikel ilmiah terkait biosintesis NP-Ag yang diperoleh dari database Scopus diolah dengan program excel menggunakan statistik umum dan dilanjutkan dengan analisis deskriptif dengan indikator analisis meliputi: output artikel ilmiah per tahun, penulis dan institusi paling produktif dalam menghasilkan artikel ilmiah NP-Ag. Untuk tujuan analisis jaringan (*network analysis*) and visualisasi, artikel ilmiah yang diperoleh dari database Scopus dalam bentuk file *comma separated values (CSV)* yang sudah melalui proses pra-analisis dan pembersihan data di jalankan menggunakan program *VOSviewer* [5]. Indikator yang digunakan meliputi: penulisan bersama (*co-authorship*) untuk penulis dan institusi, indikator sitasi (*citation*) untuk jurnal

sebagai sumber artikel ilmiah yang dikaji, dan menganalisis lebih mendalam terkait artikel ilmiah NP-Ag menggunakan analisis kluster (*cluster analysis*).

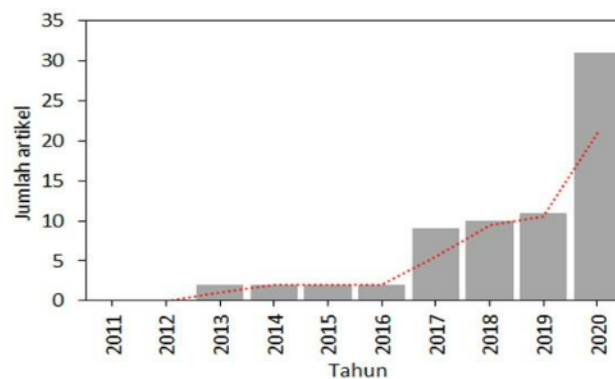
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pra-analisis dan pembersihan data

Dari hasil pencarian melalui database Scopus untuk periode 2011-2020 diperoleh jumlah artikel sebanyak 55 buah dalam bentuk prosiding dan artikel jurnal yang ditulis oleh 178 penulis dari 29 insitusi dan diterbitkan di 29 jurnal. Adapun, hasil pra-analisis dan pembersihan data memperlihatkan bahwa data yang diperoleh dari database Scopus tidak dapat digunakan secara langsung karena terdapat beberapa ketidaksesuaian yang dapat berdampak kesalahan terhadap hasil analisis bibliometrik yang dilakukan. Sebagai contoh, kata *silver nanoparticle* ditulis juga sebagai “*snp*” atau “*ag nps*” atau “*silver nanoparticles*” atau “*silver nanoparticles (agnps)*”, maka dalam studi ini penulisan diseragamkan menjadi “*silver nanoparticles (agnps)*”.

3.2. Analisis deskriptif

Gambar 1 memperlihatkan grafik pertumbuhan artikel ilmiah penelitian bio-sintesis NP-Ag yang diperoleh dari *database* Scopus untuk periode waktu antara 2011-2020. Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa artikel ilmiah hasil penelitian bio-sintesis NP-Ag muncul di *database* Scopus untuk pertama kali pada tahun 2013 dan sekaligus menjadi indikasi sebagai tahun dimulainya kegiatan penelitian bio-sintesis NP-Ag di Indonesia. Namun demikian, jumlah artikel ilmiah yang terbit cenderung tidak mengalami kenaikan jumlah yang signifikan hingga tahun 2016. Signifikansi jumlah artikel ilmiah yang muncul di *database* Scopus terlihat pada periode tahun 2017-2019 dengan kenaikan yang bersifat eksponensial pada tahun 2020. Secara umum, Gambar 1 mengisyaratkan bahwa jumlah artikel ilmiah yang terbit terkait penelitian bio-sintesis NP-Ag di Indonesia kemungkinan masih akan mengalami pertumbuhan untuk beberapa tahun mendatang



Gambar 1. *Trend* pertambahan jumlah artikel terkait penelitian bio-sintesis NP-Ag di Indonesia untuk periode waktu 2011-2020.

Table 1 menampilkan top 5 penulis Indonesia yang menerbitkan artikel ilmiah terkait penelitian bio-sintesis NP-Ag. Dari top 5 penulis tersebut, 3 penulis berafiliasi ke Universitas Indonesia dengan Handayani, W., menempati posisi teratas sebagai penulis dengan 15 buah artikel ilmiah. Posisi kedua dan ketiga ditempati oleh Imawan, C., dan Fatimah, I., dengan masing-masing menerbitkan 14 dan 6 buah artikel ilmiah.

Tabel 1. Top 5 penulis Indonesia yang paling produktif

Rangking	Penulis	Afiliasi/Institusi	Jumlah artikel
1	Handayani, W.	Departemen Biologi, F-MIPA, UI	15
2	Imawan, C.	Departemen Fisika, F-MIPA, UI	14
3	Fatimah, I.	Departemen Kimia, UII	6
4	Arief, S.	Departemen Kimia, F-MIPA, UNAND	4
5	Djuhana, D.	Departemen Fisika, F-MIPA, UI	3

Table 2 menampilkan Top 5 institusi dari 29 institusi yang berkontribusi dalam memublikasikan 55 artikel yang diperoleh data database Scopus. Dari top 5 institusi tersebut, 4 institusi merupakan perguruan tinggi dan 1 institusi merupakan lembaga penelitian. Di antara top 5 institusi tersebut, Universitas Indonesia dengan 14 buah artikel atau 25,45 % dari total artikel ilmiah menempati posisi pertama sebagai institusi yang paling banyak memublikasikan artikel ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa Universitas Indonesia (UI) adalah pemain utama dibidang penelitian bio-sintesis NP-Ag. Posisi kedua ditempati oleh Universitas Islam Indonesia (UII) dengan memublikasikan artikel sebanyak 8 buah atau 14,55%

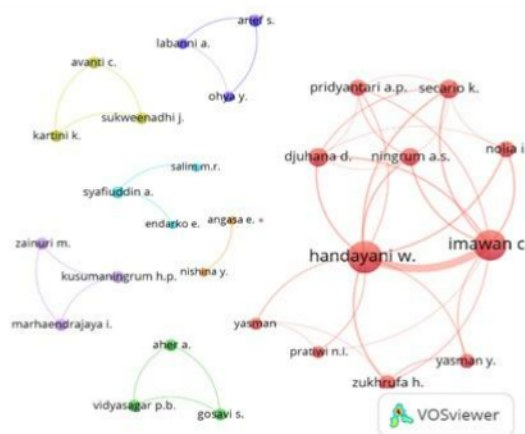
Tabel 2. Top 5 institusi yang paling produktif

Rangking	Institusi	Tipe institusi	Jumlah artikel	Kontribusi (%)
1	Universitas Indonesia (UI)	Perguruan Tinggi	14	25,45%
2	Universitas Islam Indonesia (UII)	Perguruan Tinggi	8	14,55%
3	Universitas Bengkulu (UNIB)	Perguruan Tinggi	5	9,09%
4	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)	Lembaga Penelitian	4	7,27%
5	Universitas Andalas (UNAND)	Perguruan Tinggi	4	7,27%

3.3. Analisis Jaringan

3.3.1 Analisis jaringan penulisan bersama

Analisis terhadap jaringan penulisan bersama untuk penulis (*authors*) dibatasi dengan maksimum 25 orang penulis per artikel, sehingga diperoleh 178 orang penulis yang memenuhi. Jumlah 178 penulis tersebut tersisa menjadi 29 penulis setelah hanya melibatkan penulis yang menerbitkan minimal 2 buah artikel ilmiah. Peta jaringan yang memperlihatkan keterhubungan antara masing-masing penulis ditampilkan pada Gambar 2. Peta jaringan tersebut merefleksikan adanya komitmen yang tinggi dari peneliti bidang bionanoteknologi dan fisika (fungsional material) dalam melaksanakan penelitian bio-sintesis NP-Ag di Indonesia yang diindikasikan oleh adanya jumlah kekuatan tautan total (*total link strength*) dibandingkan dengan bidang lainnya (Tabel 3). Lebih lanjut, dari Gambar 2 terlihat pola kerjasama yang kuat antara peneliti dalam satu kelompok (*within cluster*), dan tidak dengan kelompok lain (*inter cluster*). Hal yang sama terjadi dengan kelompok penulis lainnya, dimana tidak terlihat adanya garis (*line*) yang menghubungkan antara simpul (*node*) untuk klaster yang berbeda.



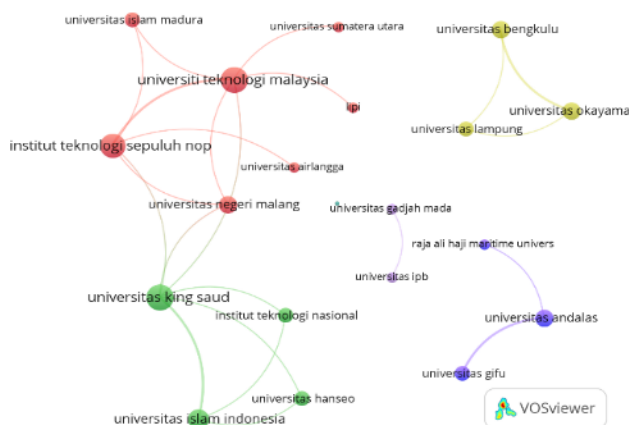
Gambar 2. Peta jaringan penulisan bersama untuk penulis berdasarkan kekuatan tautan total

Table 3. Top 5 penulis yang dirangking berdasarkan kekuatan tautan total

Ranking	Penulis	Bidang keahlian	Jumlah artikel	Kekuatan tautan total
1	Handayani W.	Bionanoteknologi	14	35
2	Imawan C.	Fisika (Material fungsional)	12	31
3	Djuhana D.	Fisika	3	11
4	Secario K.	Bionanoteknologi	3	11
5	Ningrum A.S.	Biologi	3	10

Untuk keperluan pembuatan peta jaringan penulisan bersama untuk institusi, analisis dilakukan dengan membatasi jumlah penulis maksimal berjumlah 25 orang untuk setiap artikel, dan diperoleh 29 institusi yang memenuhi kriteria. Dari 29 institusi tersebut, tersisa hanya 14 institusi setelah hanya melibatkan penulis yang memublikasikan minimal 2 artikel ilmiah. Gambar 3 memperlihatkan peta jaringan penulisan bersama untuk institusi berdasarkan kekuatan tautan total. Dari Gambar 3 tersebut dapat dilihat bahwa terdapat kolaborasi yang baik antara institusi yang satu dengan lainnya baik di dalam maupun diluar negeri. Bahkan kerjasama tersebut tidak hanya dalam satu klaster melainkan kolaborasi antar klaster.

Dari top 5 institusi (Tabel 4) dapat dilihat bahwa Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) merupakan institusi yang mempunyai kekuatan tautan total paling tinggi. Peta jaringan ITS memperlihatkan adanya garis yang terhubung antar simpul berwarna merah dengan simpul berwarna hijau yang mengindikasikan adanya kolaborasi peneliti antar insitusi antar klaster di dalam maupun diluar negeri (Gambar 3). Selain itu, dari top 5 institusi tersebut (Tabel 4), diketahui bahwa institusi di Indonesia masih cenderung berkolaborasi antara peneliti dalam satu kelompok (*within cluster*). Hal tersebut dapat menjadi indikasi bahwa penelitian bio-sintesis NP-Ag yang dilakukan belum melibatkan bidang multidisiplin, karena umumnya klaster yang berbeda cenderung memiliki cakupan disiplin ilmu yang berbeda pula.



Gambar 3. Peta jaringan penulisan bersama untuk institusi berdasarkan kekuatan tautan total

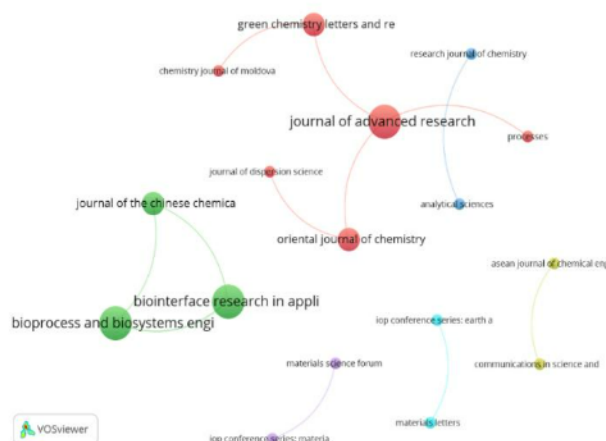
Table 4. Top 5 institusi yang dirangking berdasarkan kekuatan tautan total

Rangking	Institusi	Jumlah artikel	Kekuatan tautan total
1	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)	3	6
2	Universitas Islam Indonesia (UII)	8	4
3	Universitas Andalas (UNAND)	4	3
4	Universitas Bengkulu (UNIB)	2	3
5	Universitas Negeri Malang (UNM)	1	3

3.3.2. Analisis jaringan citasi

Untuk keperluan pembuatan peta analisis jaringan sitasi (*citation network analysis*), dalam hal ini digunakan jurnal sebagai sumber artikel ilmiah. Jurnal yang dilibatkan adalah jurnal memiliki minimal 1 buah artikel ilmiah terkait penelitian bio-sitesis NP-Ag dan semua jurnal memenuhi kriteria (Gambar 4).

Dengan merangking jurnal berdasarkan kekuatan tautan total diperoleh 5 top jurnal seperti tertera pada Tabel 5. Di antara top 5 jurnal tersebut, jurnal "Biointerface Research in Applied Chemistry" menempati ranking pertama dengan mempublikasikan 2 artikel, dan diikuti oleh jurnal "Bioprocess and Biosystems Engineering" dan "Journal of Advanced Research" dengan masing-masing menempati posisi kedua dan ketiga. Ketiga jurnal tersebut mempunyai kekuatan tautan total yang sama besar yaitu sebanyak 3. Lebih lanjut, jurnal yang menempati ranking top 5 tersebut terbagi kedalam 6 buah klaster yang dicirikan oleh simpul dengan warna berwarna berbeda (Gambar 4). Dari sudut pandang faktor dampak (*impact factor, IF*), masing-masing jurnal tersebut memiliki nilai *IF* yang bervariasi namun urutan nilai *IF* tidak berkorelasi dengan urutan kekuatan tautan total. Faktor *IF* cenderung berkorelasi positif terhadap jumlah sitasi. Dalam studi ini diketahui bahwa jurnal "Journal of Advanced Research" dengan *IF* = 6,99 menempati posisi pertama sebagai jurnal yang paling banyak disitasi meskipun data kekuatan tautan totalnya menempati urutan terbesar ketiga. Hal tersebut dapat menjadi indikasi bahwa sitasi yang dilakukan oleh peneliti selain alasan keterkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan, nilai *IF* sebuah jurnal juga dapat menjadi faktor penting dan pertimbangan tersendiri.



Gambar 4. Peta jaringan sitasi untuk jurnal berdasarkan kekuatan tautan total

Table 5. Top 5 jurnal yang diranking berdasarkan kekuatan tautan total

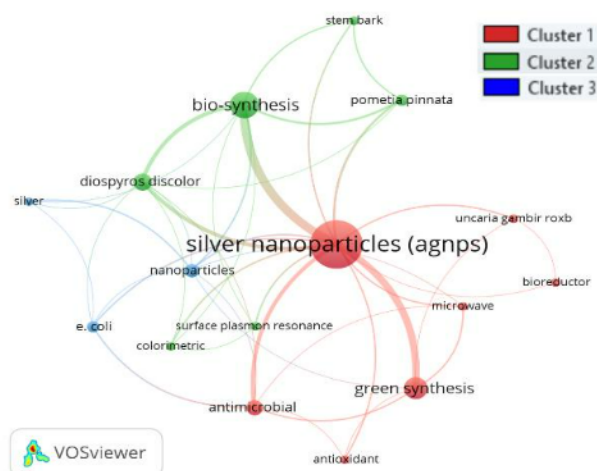
Ranking	Nama jurnal	IF	Penerbit	Jumlah artikel	Kekuatan tautan total
1	Biointerface Research in Applied Chemistry	0,89	București	2	3
2	Bioprocess and Biosystems Engineering	2,42	Springer	1	3
3	Journal of Advanced Research	6,99	Elsevier	1	3
4	Green Chemistry Letters and Reviews	3,29	Taylor & Francis	1	2
5	Journal of The Chinese Chemical Society	1,55	Wiley	1	2

3.3.3. Analisis Konten

Dengan membatasi hanya kata kunci dengan minimal 2 kali kejadian yang melibatkan, maka diperoleh 16 kata kunci yang memenuhi kriteria. Gambar 5 memperlihatkan peta kejadian untuk kata kunci terkait penelitian bio-sintesis NP-Ag. Seperti terlihat pada Gambar 5, kluster yang didapat berjumlah 3 buah dan merupakan grup dengan entitas yang homogen dengan atribut yang serupa. Selain itu, besar nya ukuran simpul (*node*) dalam sebuah kluster menunjukkan tingginya kemunculan kata kunci tersebut, sedangkan ukuran garis (*line*) penghubung antar simpul (dalam kluster yang sama atau berbeda) menunjukkan tingkat kekuatan hubungan antara kata kunci. Untuk ketiga kluster tersebut didiskusikan sebagai berikut.

Kluster 1. Kluster 1 pada Gambar 5 ditunjukkan dengan simpul berwarna merah. Kluster ini lebih terkait kepada kegiatan penelitian yang menyangkut metode sintesis dengan memanfaatkan agen bio-reduksi dan uji manfaat NP-Ag. Kata kunci dalam kluster ini terdiri dari “silver nanoparticles (agnps)”, “green synthesis”, “bioreductor”, “microwave”, “uncaria gambir roxb”, “antimicrobial”, dan “antioxidant”. Metode hijau (*green synthesis*) dengan memanfaatkan agen bio-reduksi (*bio-reductor*) yang bersumber dari tumbuhan yang kaya senyawa antioksidan (*antioxidant*) merupakan metode yang paling banyak dikembangkan dalam mensintesis NP-Ag [6]. NP-Ag memiliki aplikasi yang sangat luas diantaranya memiliki aktifitas antimikroba (*antimicrobial*) [7]. Salah satu tumbuhan komoditas industri Indonesia yang telah dimanfaatkan sebagai sumber agen bio-reduksi dalam mensintesis NP-Ag adalah tumbuhan gambir (*Uncaria gambir Roxb.*) [8, 9]. Lebih lanjut, rendahnya tingkat kestabilan dan aktifitas koloid NP-Ag masih menjadi kendala dalam aplikasi dilapangan. Upaya meningkatkan kestabilan koloid NP-Ag telah

ditempuh dengan memanfaatkan agen penstabil (*stabilizing agents*) [9]. Modifikasi sifat fisik dan kimia NP-Ag untuk meningkatkan aktifitas NP-Ag dengan sifat-sifat yang diinginkan telah ditempuh dengan memanfaatkan teknologi seperti gelombang mikro (*microwave*) [10, 11].



Gambar 5. Peta jaringan analisis untuk kejadian bersama untuk kata kunci terkait penelitian NP-Ag

Klaster 2. Pada Gambar 5, klaster 2 ditunjukkan dengan simpul berwarna hijau dengan kata kunci meliputi “bio-synthesis”, “colorimetric”, “diospyros discolor”, “pomelia pinnata”, “stem bark”, “surface plasmon resonance”. Klaster ini lebih memfokuskan pada kegiatan penelitian dalam upaya mempelajari faktor kondisi eksperimen proses bio-sintesis (seperti pH, rasio ekstrak, atau waktu reaksi)[12-14]. Stabilitas dan aktifitas NP-Ag yang diperoleh dengan memanfaatkan agen bio-reduksi yang bersumber dari beberapa bagian tanaman [15, 16], seperti tanaman *Diospyros discolor* Willd. (*Bisbul*) [17] dan *Pometia pinnata* J.R. Forst & G. Forst [18]. Lebih lanjut, NP-Ag juga dikenal sebagai material yang mempunyai karakteristik *surface plasmon resonance* (SPR). Dengan karakteristik SPR yang dimiliki oleh NP-Ag memungkinkan untuk dapat dimanfaatkan sebagai agen dalam mendeteksi ion logam dalam suatu larutan berdasarkan reaksi perubahan warna [19, 20].

Klaster 3. Klaster 3 ditunjukkan dengan simpul berwarna biru (Gambar 5) dengan kata kunci terdiri dari “e. coli”, “nanoparticles”, dan “silver”. Klaster ini fokus pada uji aktifitas antibakteri NP-Ag yang disintesis menggunakan agen bio-reduksi yang diperoleh dari tumbuhan Indonesia diantaranya *Impatiens balsamina* dan *lantana camara* [21], *Salacca zalacca* [22], *Diospyros discolor* Willd [23], dan *Scaevola frutescen* (Mill.) Krause [24]. Salah satu mikroba yang paling banyak digunakan sebagai model dalam uji aktifitas NP-Ag adalah *E. coli* [25]. Bakteri *E. coli* merupakan bakteri gram-negatif yang dapat ditemukan hidup dalam banyak media seperti makanan, air, sayur mayur dan saluran pencernaan (usus) manusia dan hewan [26, 27].

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian terkait bio-sintesis NP-Ag mendapat cukup banyak perhatian dikalangan peneliti Indonesia dan diharapkan masih akan mengalami pertumbuhan dimasa yang akan datang. Hasil review terhadap 55 jurnal ilmiah yang dilibatkan dalam analisis, teridentifikasi terbagi menjadi tiga klaster penelitian. Hasil kajian ini memberikan wawasan terkait kondisi penelitian NP-Ag di Indonesia, dimana jaringan kolaborasi dimasa yang akan datang hendaknya melibatkan peneliti dari berbagai disiplin ilmu (multidisiplin) sehingga

bisa menghasilkan penelitian yang lebih inovatif, dengan arah dan skala pengembangan NP-Ag yang bersifat aplikatif serta memungkinkan untuk di *scale-up* ke arah industriasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Tim Teknologi Informasi (TI)-Badan Standardisasi Nasional (BSN) yang telah membantu untuk terlaksananya studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Yusuf, "Silver Nanoparticles: Synthesis and Applications," in *Handbook of Ecomaterials*, L. M. T. Martínez, O. V. Kharissova, and B. I. Kharisov Eds. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 2343-2356.
- [2] R. Han, B. Zhou, Y. Huang, X. Lu, S. Li, and N. Li, "Bibliometric overview of research trends on heavy metal health risks and impacts in 1989–2018," *Journal of Cleaner Production*, vol. 276, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123249.
- [3] A. Bengoa, A. Maseda, T. Iturralde, and G. Aparicio, "A bibliometric review of the technology transfer literature," *The Journal of Technology Transfer*, 2020, doi: 10.1007/s10961-019-09774-5.
- [4] F. Pallottino, M. Biocca, P. Nardi, S. Figorilli, P. Menesatti, and C. Costa, "Science mapping approach to analyze the research evolution on precision agriculture: world, EU and Italian situation," *Precision Agriculture*, vol. 19, no. 6, pp. 1011-1026, 2018, doi: 10.1007/s11119-018-9569-2.
- [5] N. J. van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523-538, 2010, doi: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- [6] I. Fatimah and Z. H. V. I. Aftrid, "Characteristics and antibacterial activity of green synthesized silver nanoparticles using red spinach (*Amaranthus Tricolor* L.) leaf extract," (in English), *Green Chem. Lett. Rev.*, Letter vol. 12, no. 1, pp. 25-30, 2019, doi: 10.1080/17518253.2019.1569729.
- [7] F. Fibriana, A. V. Amalia, S. Muntamah, L. Ulva, and S. Aryanti, "Antimicrobial activities of green synthesized silver nanoparticles from marchantia SP. Extract: Testing an alcohol-free hand sanitizer product formula," *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.*, Article vol. 9, no. 6, pp. 1034-1038, 2020, doi: 10.15414/JMBFS.2020.9.6.1034-1038.
- [8] S. Arief, P. Hidayani, L. Aferta, Zulhadjri, T. Ban, and Y. Ohya, "Green chemistry formation of stable Ag nanoparticles (AgNPs) in isopropanol solvent," *Orient. J. Chem.*, Article vol. 33, no. 1, pp. 87-91, 2017, doi: 10.13005/ojc/330109.
- [9] A. Labanni, Z. Zulhadjri, D. Handayani, Y. Ohya, and S. Arief, "The effect of monoethanolamine as stabilizing agent in *Uncaria gambir* Roxb. mediated synthesis of silver nanoparticles and its antibacterial activity," *J. Dispersion Sci. Technol.*, Article vol. 41, no. 10, pp. 1480-1487, 2020, doi: 10.1080/01932691.2019.1626249.
- [10] I. Fatimah, "Green synthesis of silver nanoparticles using extract of *Parkia speciosa* Hassk pods assisted by microwave irradiation," *J. Adv. Res.*, Article vol. 7, no. 6, pp. 961-969, 2016, doi: 10.1016/j.jare.2016.10.002.
- [11] I. Fatimah and N. Indriani, "Silver nanoparticles synthesized using *Lantana Camara* flower extract by Reflux, microwave and ultrasound methods," *Chem. J. Mold.*, Article vol. 13, no. 1, pp. 95-102, 2018, doi: 10.19261/cjm.2017.461.

- [12] W. Handayani, A. S. Ningrum, and C. Imawan, "The Role of pH in Synthesis Silver Nanoparticles Using *Pometia pinnata* (Matoa) Leaves Extract as Bioreductor," in *4th International Conference on Applied Physics and Materials Application 2019, ICAPMA 2019*, 2020, vol. 1428: Institute of Physics Publishing, 1 ed., doi: 10.1088/1742-6596/1428/1/012021.
- [13] H. Zukhrufa, W. Handayani, Y. Yasman, and C. Imawan, "The effect of extract concentration of *Diospyros discolor* Willd. as silver nanoparticles synthesis," in *5th International Symposium on Current Progress in Mathematics and Sciences, ISCPMS 2019*, T. Mart, D. Triyono, and T. A. Ivandini, Eds., 2020, vol. 2242: American Institute of Physics Inc., doi: 10.1063/5.0013037.
- [14] R. Z. Maarebia, Y. Buyang, E. Nurvitasari, and N. B. Sumanik, "Optimization of precursor concentration and timing of stirring in the formation of silver nanoparticles with and without polyvinyl alcohol (PVA)," in *1st International Conference of Interdisciplinary Research on Green Environmental Approach for Sustainable Development, ICROEST 2019*, 2019, vol. 343: Institute of Physics Publishing, 1 ed., doi: 10.1088/1755-1315/343/1/012245.
- [15] A. P. Pridyantari, A. S. Ningrum, W. Handayani, and C. Imawan, "Bioreduction properties of *Pometia pinnata* J. R. Forst. & G. Forst (Sapindaceae) for silver nanoparticles synthesis," in *Life and Environmental Sciences Academics Forum 2018, LEAF 2018*, R. Yuniati, C. Margules, and R. Nagasawa, Eds., 2020, vol. 481: Institute of Physics Publishing, 1 ed., doi: 10.1088/1755-1315/481/1/012012.
- [16] M. Nurfadilah, W. Suffan, K. Secario, W. Handayani, and C. Imawan, "Biosynthesis of silver nanoparticles using the leaf and stem bark of *Diospyros discolor* Willd. (Ebenaceae)," in *Basic and Applied Sciences Interdisciplinary Conference 2017, BASIC 2017*, D. Triyono, A. Sulaswaty, and I. T. Anggraningrum, Eds., 2020, vol. 1442: Institute of Physics Publishing, 1 ed., doi: 10.1088/1742-6596/1442/1/012024.
- [17] W. Handayani, H. Zukhrufa, Y. Yasman, and C. Imawan, "Effectiveness of silver nanoparticles synthesized using *Diospyros discolor* Willd. (Bisbul) leaf extract for antimicrobial agents," in *2nd International Conference on Physical Instrumentation and Advanced Materials, ICPIAM 2019*, H. Trilaksana, S. W. Harun, C. Shearer, and M. Yasin, Eds., 2020, vol. 2314: American Institute of Physics Inc., doi: 10.1063/5.0034464.
- [18] A. S. Ningrum, A. P. Pridyantari, W. Handayani, K. Secario, D. Djuhana, and C. Imawan, "Green synthesis of silver nanoparticles using leaf and stem bark extract of *Pometia pinnata* J.R. Forst & G. Forst," in *Life and Environmental Sciences Academics Forum 2018, LEAF 2018*, R. Yuniati, C. Margules, and R. Nagasawa, Eds., 2020, vol. 481: Institute of Physics Publishing, 1 ed., doi: 10.1088/1755-1315/481/1/012018.
- [19] W. Handayani, N. I. Pratiwi, A. Listyarini, Yasman, and C. Imawan. *The detection of cu²⁺ ions using paper-based silver nanoparticles as a colorimetry indicator*, *8th International Conference on Nanostructures, Nanomaterials and Nanoengineering, ICNNN 2019 and 4th International Conference on Materials Technology and Applications, ICMTA 2019*, vol. 990 MSF, pp. 306-311, 2020.
- [20] M. L. Firdaus *et al.*, "Colorimetric detection of mercury(II) ion in aqueous solution using silver nanoparticles," *Anal. Sci.*, Article vol. 33, no. 7, pp. 831-837, 2017, doi: 10.2116/analsci.33.831.
- [21] H. F. Aritonang, H. Koleangan, and A. D. Wuntu, "Synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of medicinal plants' (*impatiens balsamina* and *lantana camara*) fresh

- leaves and analysis of antimicrobial activity," *Int. J. Microbiol.*, Article vol. 2019, 2019, Art no. 8642303, doi: 10.1155/2019/8642303.
- [22] A. K. Prodjosantoso, O. S. Prawoko, M. P. Utomo, and L. P. Sari, "Green Synthesis of silver nanoparticles using Salacca zalacca extract as reducing agent and it's antibacterial activity," *Asian J. Chem.*, Article vol. 31, no. 12, pp. 2804-2810, 2019, doi: 10.14233/ajchem.2019.22238.
- [23] L. Rahim, W. Handayani, I. Santoso, and C. Imawan, "Screening of antibacterial activity from biosynthesized silver nanoparticles using Diospyros discolor Willd. extract," in *Life and Environmental Sciences Academics Forum 2018, LEAF 2018*, R. Yuniati, C. Margules, and R. Nagasawa, Eds., 2020, vol. 481: Institute of Physics Publishing, 1 ed., doi: 10.1088/1755-1315/481/1/012010.
- [24] S. Salprima Yudha, E. Angasa, T. E. Suharto, Y. Nishina, Z. A. Mardlia, and Sipriyadi, "The Scaevola frutescen (Mill.) Krause dried-leaves extract as a potential natural reduction system for synthesis of gold nanoparticles and their evaluation for antibacterial of Eschericia coli," in *6th Nanoscience and Nanotechnology Symposium, NNS 2015*, A. Nur, F. Rahmawati, A. Purwanto, E. R. Dyartanti, and A. Jumari, Eds., 2016, vol. 1710: American Institute of Physics Inc., doi: 10.1063/1.4941483.
- [25] I. Sondi and B. Salopek-Sondi, "Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 275, no. 1, pp. 177-182, 2004/07/01/ 2004, doi: h10.1016/j.jcis.2004.02.012.
- [26] D. K. Govindarajan, N. Viswalingam, Y. Meganathan, and K. Kandaswamy, "Adherence patterns of Escherichia coli in the intestine and its role in pathogenesis," *Medicine in Microecology*, vol. 5, p. 100025, 2020, doi: h10.1016/j.medmic.2020.100025.
- [27] T. A. T. Gomes *et al.*, "Diarrheagenic Escherichia coli," *Brazilian Journal of Microbiology*, vol. 47, pp. 3-30, 2016/12/01/ 2016, doi: 10.1016/j.bjm.2016.10.015.