

Analisis Bibliometrik Penelitian Nanopartikel Mangan dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2022

Muhammad Fauzan Fakhrurozi¹, Asep Bayu Dani Nandiyanto²

Departemen Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Setiabudhi No.229, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

**CorrespondingEmail: nandiyanto@upi.edu*

ABSTRAK

Nanopartikel memiliki potensi yang besar khususnya untuk industri di masa depan. Kajian ini menjelaskan studi nanopartikel mangan menggunakan pendekatan bibliometrik dan analisis komputasional dengan VOSviewer. Alat pengelola referensi publish or perish digunakan untuk mengumpulkan data penelitian dari database Google Scholar. "Nanopartikel Mangan, dan Kimia" adalah istilah pencarian yang digunakan dalam judul dan abstrak artikel. Dalam sebelas tahun terakhir, 999 item yang relevan dengan pencarian dikembalikan (2012-2022). Pemeriksaan nanopartikel mangan menghasilkan temuan yang tidak konsisten. Terjadi peningkatan publikasi dari 76 menjadi 131 antara tahun 2012 dan 2015. Kecuali tahun 2019 yang mengalami peningkatan, jumlah artikel cenderung menurun dari tahun ke tahun hingga tahun 2022. Kajian ini dapat menjadi pedoman untuk penelitian selanjutnya, khususnya kajian terhadap nanopartikel mangan.. Kata kunci: Bibliometrik, Nanopartikel Mangan, VOSviewer

ABSTRACT

Nanoparticles have great potential especially for the industry in the future. This work describes the study of manganese nanoparticles using a bibliometric approach and computational analysis with VOSviewer. The publish or perish reference manager tool was used to gather the research data from the Google Scholar database. "Manganese Nanoparticles, and Chemistry" were the search terms that were utilized in the article's title and abstract. In the last eleven years, 999 items that were relevant to the search were returned (2012-2022). The examination of mangan nanoparticles produced inconsistent findings. There was an increase in publications from 76 to 131 between 2012 and 2015. Except for 2019, which saw an uptick, the number of articles tended to decline from year on year until 2022. This study can serve as a guide for future investigations, particularly those looking at manganese nanoparticles.

Keywords: Bibliometric, Manganese Nanoparticle, VOSviewer

1. PENDAHULUAN

Nanoteknologi adalah manipulasi atom, molekul, dan supramolekul materi. Dasar nanoteknologi seperti yang dipraktikkan dalam sains modern adalah partikel nano, yang memiliki struktur 3D dan ukurannya berkisar dari 1 hingga 100 nm. Banyak produk, termasuk kosmetik, tabir surya, tekstil, dan barang olahraga, sudah memanfaatkan teknologi nano. Selain itu, nanoteknologi sedang dikembangkan untuk digunakan dalam aplikasi biomedis seperti pengiriman obat dan biosensor. Nanoteknologi juga diciptakan untuk digunakan dalam aplikasi lingkungan, seperti penghilangan kontaminan lingkungan. Penjelasan ini memperjelas bahwa nanopartikel memiliki sejumlah manfaat dan potensi penggunaan yang menarik. Oleh karena itu, analisis tren bidang penelitian ini akan sangat berguna terutama dalam kemajuan penggunaan nanopartikel mangan [16].

Perkembangan penelitian di bidang nanopartikel mangan dapat dilacak menggunakan salah satu metode analisis, analisis bibliometrik. Peneliti dapat memanfaatkan analisis bibliometrik, sejenis

meta-analisis data penelitian, untuk memeriksa konten bibliografi dan analisis kutipan artikel jurnal dan karya ilmiah lainnya.

Berbagai penelitian tentang analisis bibliometri telah dilakukan, antara lain tentang analisis bibliometri dalam Penelitian Pendidikan [2], kimia [8;17], aplikasi dalam sistem tangan robot [3], Riset Produksi Selulosa Nanokristalin [5], Publikasi Ilmiah [19], dan lain-lain.

Akan tetapi, belum ada pekerjaan yang dilakukan pada pemetaan komputer analisis bibliometrik data yang dipublikasikan di bidang nanopartikel mangan yang telah dilakukan secara eksplisit untuk menilai kemajuan penelitian. Khususnya melalui pemeriksaan bibliometrik aplikasi *VOSviewer* dari penelitian sebelas tahun sebelumnya, tepatnya dari tahun 2012 hingga 2022. Oleh karena itu penelitian menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* dilakukan untuk meneliti secara komputasional tentang pemetaan analisis bibliometrik publikasi yang diindeks oleh *Google Scholar*. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menjadi panduan untuk penelitian selanjutnya dan membantu para peneliti memilih topik penelitian, khususnya yang melibatkan nanopartikel mangan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari publikasi yang diterbitkan dalam jurnal yang telah diindeks oleh *Google Scholar*. *Google Scholar* digunakan karena dapat diakses secara gratis, berbeda dengan *Scopus* yang memiliki batasan akses. Untuk mengumpulkan data penelitian untuk penelitian ini, *Publish or Perish* digunakan sebagai manajemen referensi. Setiap kumpulan data artikel harus berasal dari karya yang telah diindeks oleh Google Cendekia, sesuai dengan tema penelitian, dan dicadangkan ke dalam file yang akan digunakan untuk analisis *VOSviewer*. Studi sebelumnya telah memasukkan petunjuk langkah demi langkah untuk menggunakan dan menginstal program serta untuk memperoleh data [1]. Ada banyak langkah untuk pelaksanaan penelitian:

1. Pengumpulan data publikasi melalui aplikasi *publish or perish*.
2. Pemeriksaan informasi bibliometrik untuk artikel yang diperoleh dengan menggunakan program *Microsoft Excel*.
3. Analisis pemetaan komputasi dari data bibliometrik yang dipublikasikan menggunakan program *VOSviewer*.
4. Analisis hasil analisis pemetaan komputasi.

Pencarian data artikel *Publish or Perish* digunakan untuk memfilter artikel menggunakan kata kunci "*Manganese Nanoparticles*" berdasarkan kriteria judul publikasi. Makalah yang digunakan dirilis antara 2012 dan 2022. Semuanya dikumpulkan pada September 2022. Sistem informasi penelitian (.ris) dan file format nilai dipisahkan koma (*.csv) digunakan untuk mengeksport artikel yang dikumpulkan dan memenuhi persyaratan untuk analisis dalam penelitian ini. Peta bibliometrik juga digunakan dengan *VOSviewer* untuk memeriksa dan menilai tren. Setelah itu, data artikel dari database asli dipetakan.

Memanfaatkan peta bibliometrik, *VOSviewer* juga digunakan untuk menganalisis dan menilai tren. Setelah itu, data artikel dari database asli dipetakan. Visualisasi kepadatan, Visualisasi jaringan, dan visualisasi *overlay* berbasis jaringan (*co-citation* antara item yang ada) adalah tiga jenis publikasi pemetaan yang dapat diproduksi menggunakan *VOSviewer*. Frekuensi kata kunci diatur untuk ditemui setidaknya tiga kali saat membuat peta bibliometrik. Kemudian, kata kunci yang tidak relevan dihilangkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil penelusuran data publikasi

999 data artikel diperoleh dalam bentuk metadata artikel berdasarkan hasil pencarian data yang dilakukan dengan menggunakan program pengelola referensi *Publish or Perish* dari database *Google Scholar*. Nama penulis, nama jurnal, tahun, judul, penerbit, jumlah kutipan, tautan artikel, dan alamat tautan terkait semuanya disertakan dalam informasi. 20 publikasi teratas dengan kutipan

terbanyak digunakan dalam studi VOSviewer, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**. Jumlah total kutipan dari semua artikel yang digunakan dalam studi ini adalah 70519; jumlah sitasi per tahun adalah 7051,90; jumlah kutipan per artikel adalah 70,52; rata-rata pengarang pada artikel yang digunakan adalah 4,52; jumlah artikel dengan h-index adalah 113; dan jumlah artikel dengan g-index bisa mencapai 200.

Tabel 1. Data Publikasi Nanopartikel Mangan

| No | Penulis | Judul | Tahun | Jumlah Sitasi |
|----|---------------------------|--|-------|---------------|
| 1 | M Hua et al. | <i>Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: a review</i> | 2012 | 2052 |
| 2 | Y Liang et al. | <i>Covalent hybrid of spinel manganese-cobalt oxide and graphene as advanced oxygen reduction electrocatalysts</i> | 2012 | 1297 |
| 3 | F Song, X Hu | <i>Ultrathin cobalt-manganese layered double hydroxide is an efficient oxygen evolution catalyst</i> | 2014 | 1017 |
| 4 | B Issa et al. | <i>Magnetic nanoparticles: surface effects and properties related to biomedicine applications</i> | 2013 | 955 |
| 5 | J Singh et al. | <i>'Green'synthesis of metals and their oxide nanoparticles: applications for environmental remediation</i> | 2018 | 912 |
| 6 | Y Liang et al. | <i>Strongly coupled inorganic/nanocarbon hybrid materials for advanced electrocatalysis</i> | 2013 | 850 |
| 7 | I Sharifi et al. | <i>Ferrite-based magnetic nanofluids used in hyperthermia applications</i> | 2012 | 742 |
| 8 | YN Zhang et al. | <i>Nanoparticle-liver interactions: cellular uptake and hepatobiliary elimination</i> | 2016 | 687 |
| 9 | L Ge et al. | <i>Nanosilver particles in medical applications: synthesis, performance, and toxicity</i> | 2014 | 638 |
| 10 | J Estelrich et al. | <i>Nanoparticles in magnetic resonance imaging: from simple to dual contrast agents</i> | 2015 | 575 |
| 11 | DM Robinson et al. | <i>Photochemical water oxidation by crystalline polymorphs of manganese oxides: structural requirements for catalysis</i> | 2013 | 562 |
| 12 | M Moritz, M Geszke-Moritz | <i>The newest achievements in synthesis, immobilization and practical applications of antibacterial nanoparticles</i> | 2013 | 557 |
| 13 | J Kim et al. | <i>Continuous O₂-Evolving MnFe₂O₄ Nanoparticle-Anchored Mesoporous Silica Nanoparticles for Efficient Photodynamic Therapy in Hypoxic Cancer</i> | 2017 | 521 |
| 14 | Y Gorlin et al. | <i>In situ X-ray absorption spectroscopy investigation of a bifunctional manganese oxide catalyst with high activity for electrochemical water oxidation and oxygen reduction</i> | 2013 | 507 |
| 15 | T Takashima et al. | <i>Mechanisms of pH-Dependent Activity for Water Oxidation to Molecular Oxygen by MnO₂ Electrocatalysts</i> | 2012 | 486 |
| 16 | A Servin et al. | <i>A review of the use of engineered nanomaterials to suppress plant disease and enhance crop yield</i> | 2015 | 476 |
| 17 | Z Zhao et al. | <i>Activatable Fluorescence/MRI Bimodal Platform for Tumor Cell Imaging via MnO₂ Nanosheet-Aptamer Nanoprobe</i> | 2014 | 469 |
| 18 | A Ramírez et al. | <i>Evaluation of MnOx, Mn₂O₃, and Mn₃O₄ Electrodeposited Films for the Oxygen Evolution Reaction of Water</i> | 2014 | 460 |
| 19 | D Li et al. | <i>Efficient water oxidation using CoMnP nanoparticles</i> | 2016 | 440 |
| 20 | Y Yao et al. | <i>Magnetic recoverable MnFe₂O₄ and MnFe₂O₄-graphene hybrid as heterogeneous catalysts of peroxydisulfate activation for efficient degradation of aqueous organic pollutants</i> | 2014 | 388 |

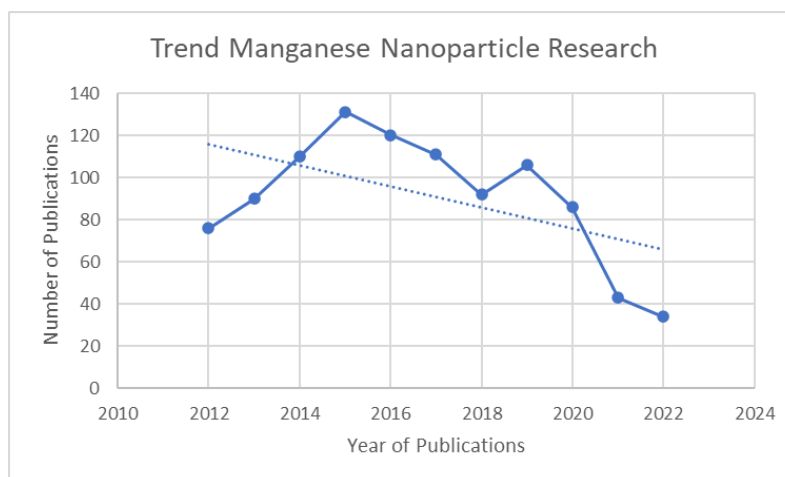
3.2. Pengembangan penelitian nanopartikel Mangan

Tabel 2 menampilkan perkembangan penelitian nanopartikel mangan yang telah dipublikasikan dalam publikasi yang terindeks oleh *Google Scholar*. Menurut informasi pada **Tabel 2**, terdapat 999 artikel yang mencakup studi nanopartikel mangan antara tahun 2012 dan 2022.

Perkembangannya juga sangat tidak stabil, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1** Jumlah publikasi meningkat dari 76 menjadi 131 antara tahun 2012 dan 2015, dengan Tahun 2015 mencatat publikasi terbanyak dalam satu tahun. Kecuali tahun 2019 yang mengalami kenaikan, jumlah artikel cenderung menurun dari tahun ke tahun hingga tahun 2022.

Tabel 2. Perkembangan penelitian nanopartikel Mangan

| Year of Publications | Number of Publications |
|----------------------|------------------------|
| 2012 | 76 |
| 2013 | 90 |
| 2014 | 110 |
| 2015 | 131 |
| 2016 | 120 |
| 2017 | 111 |
| 2018 | 92 |
| 2019 | 106 |
| 2020 | 86 |
| 2021 | 43 |
| 2022 | 34 |
| Total | 999 |
| Rerata | 90.81 |



Gambar 1. Tingkat Perkembangan Penelitian nanopartikel Mangan

3.3. Visualisasi area topik nanopartikel Mangan menggunakan VOSviewer

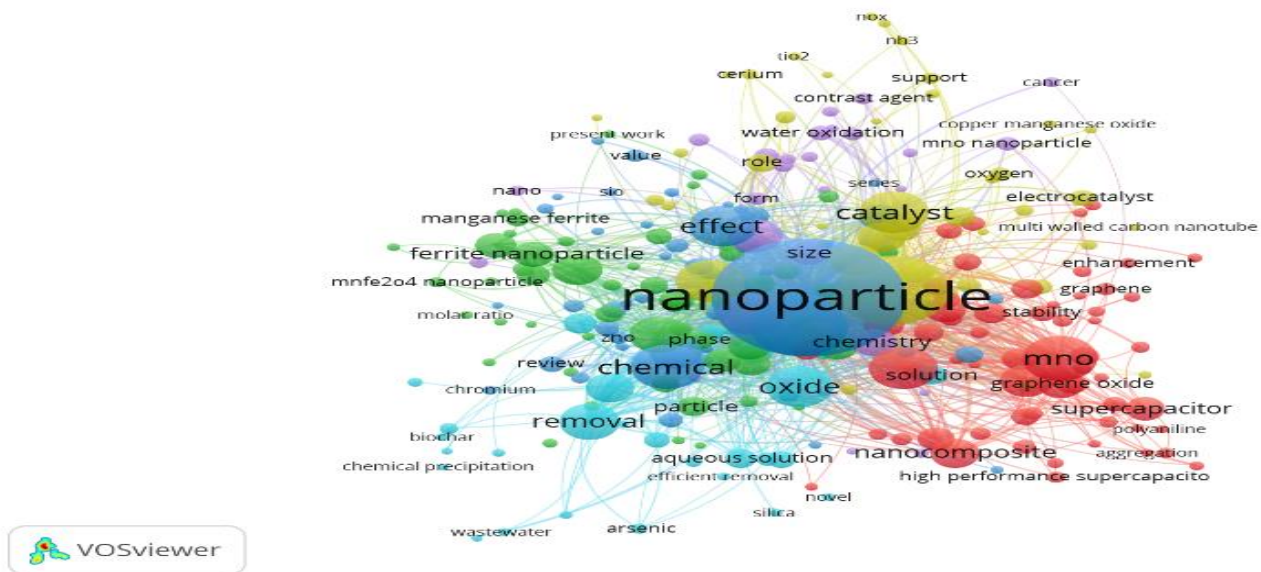
Menggunakan *VOSviewer*, pemetaan komputasi dilakukan dalam penelitian ini. 268 objek berasal dari pemetaan komputasi. Setiap temuan terkait nanopartikel mangan dari data dipisahkan menjadi 6 kluster, antara lain:

1. Kluster 1 memiliki 59 *items* yang ditandai dengan warna merah yaitu *addition, aggregation, anode, approach, battery, carbon, carbon nanofiber, carbon nanotube, cathode, cathode material, cell, chemical reduction, chemical state, coating, composite, composition, detection, development, electrochemical performance, electrochemical property, electroe, electrode material, electrodeposition, element, enchancement, facile synthesis, formation, graphene, graphene oxide, growth, high performnace, high performance asymmetric supercapacitor, high performance supercapacitor, lithium ion battery, low cost, manganese dioxide, manganese dioxide nanoparticles, manganese ion, manganese oxide nanoparticles, Mn₃O₄ nanoparticle,*

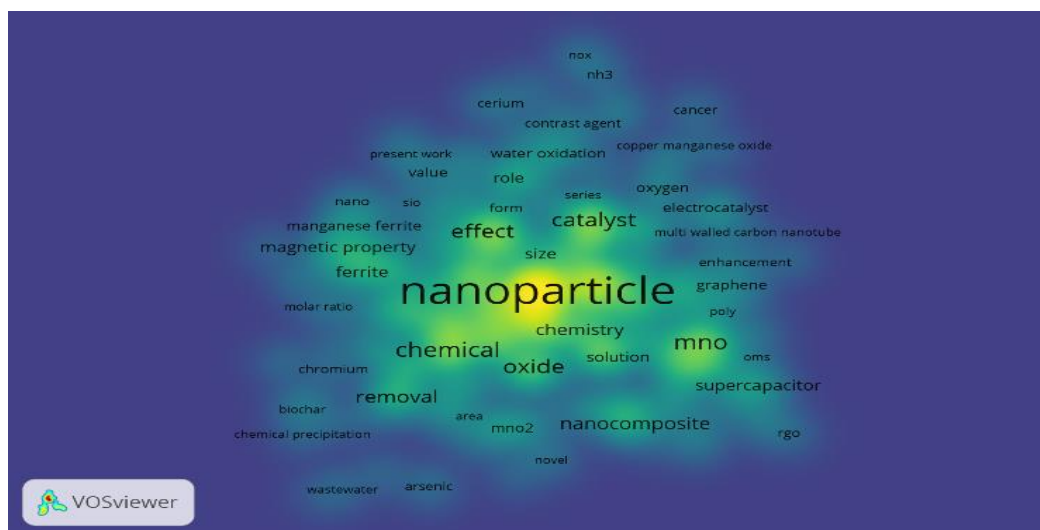
- MnCo, MnO, MnO₂ nanoparticle, morphology, nanocomposite, nanosheet, oxygen reduction reaction, paper, performance, polu, polyaniline, recent advance, rgo, stability, supercapacitor, surface, surface area, transformation, xps.*
2. Kluster 2 memiliki 56 items yang ditandai dengan warna hijau yaitu *Advantage, annealing temperature, area, Au nanoparticle, biocompatibility, biomedical application, Cadmium, chemical co precipitation, chemical composition, chemical method, chemical property, chemical stability, citric acid, Cobalt, cobalt ferrite nanoparticle, comparative study, Copper, determination, ferrite, ferrite nanoparticle, green chemistry, hydrothermal method, hyrothermal synthesis, influence, ion Iron, iron oxide nanoparticle, magnetic property, magnetite, magnetite nanoparticle, manganese ferrite, manganese ferrite nanoparticle, metal, metal nanoparticle, metal oxide nanoparticle, MnFe, MnFe₂O₄, nanoparticle, MNP, olar ratio, Nickel, particle, phase, present work, process, property, sample, spinel, structural, temperature, toxicity, type, use, wet chemical route, Zinc.*
 3. Kluster 3 memiliki 49 items yang ditandai dengan warna biru yaitu *activity, characterization, chemical, Chromium, co precipitaation method, concentration, crystal structure, deposition, dye, effect, evaluation, fabrication, Gold, green synthesis, investigation, iron oxide, kinetic, manganese acetate, manganese concentration, manganese doping, manganese nanoparticle, microwave, Mn nanoparticle, nanomaterial, nanoparticle, optical property, order, oxidation state, photocatalytic activity, photocatalytic dergradation, physical property, review, series, Silver, silver nanoparticle, SiO, soil, strategy, synthesis, technique, thin film, value, variety, visible light, wet chemical method, XRD, Zinc oxide nanoparticle, ZnO, ZnO nanoparticle.*
 4. Kluster 4 memiliki 43 items yang ditandai dengan warna kuning yaitu *amount, catalyst, catalytic activity, catalytic performance, Cerium, chemical formula, chemical nature, copper manganese oxide, degradation, dielectric property, efficeient catalyst, electrocatalyst, first time, impact, low temperature, manganese oxide, maganese oxide catalyst, manganese species, microsphere, MnOx, multi walled carbon nanotube, Nh₃, No_x OMS, oxidation, oxygen, oxygen evolution reaction, particle size, peroxymonosulfate, presence, reaction, reduction, research, role, selective catalytic reduction, structure, study, support, time, TiO, TiO₂, toluene, work.*
 5. Kluster 5 memiliki 32 items dan ditandai dengan warna ungu yaitu *agent, application, cancer, case, chemical structure, chemistry, complex, compound, contrast, contrast agent, diameter, drug delivery, example, form, gadolinium, interaction, magnetic resonance imaging, manganese, manganese complex, manganese zind ferrite, manganese zind ferrite nanoparticle, MnO nanoparticle, MRI, MRI contrast agent, nano, number, oxide nanoparticle, size, state, surface chemistry, thermal decomposition, water oxidation.*
 6. Kluster 6 memiliki 29 items yang ditandai dengan warna biru muda yaitu *adsorption, analytical grade, aqueous medium, aqueous solution, arsenic, attention, behavior, biochar, chemical precipitation, chemical reaction, chemical reagent, efficient removal, manganese salt, mechanism, methylene blue, MnO₂, modification, nature, novel, oxide, preparation, present study, removal report, room temperature, silica, solution, wastewater, water.*

Setiap kluster yang ada menggambarkan bagaimana satu frase berhubungan dengan yang lain. Setiap istilah memiliki label yang diwakili oleh lingkaran berwarna. Bergantung pada seberapa sering suatu istilah muncul, lingkaran dengan ukuran berbeda dibuat mengelilinginya. Ukuran lingkaran label berkorelasi baik dengan penggunaan istilah dalam abstrak dan judul. Ukuran label meningkat dengan frekuensi istilah. Dalam penelitian ini, tiga komponen visualisasi pemetaan diperiksa:

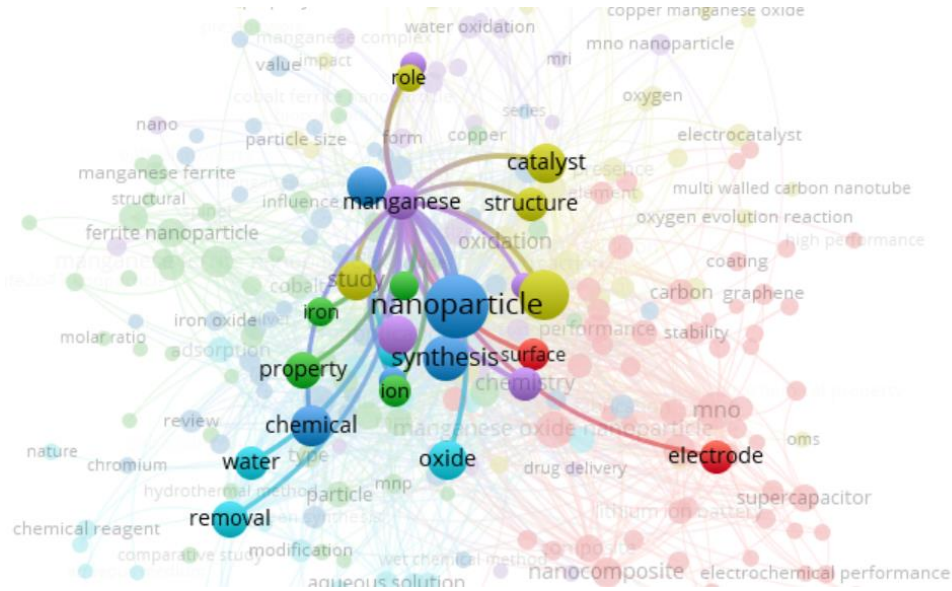
visualisasi jaringan (**Gambar 2**), visualisasi kepadatan (**Gambar 3**), dan visualisasi overlay (**Gambar 4**) [9].



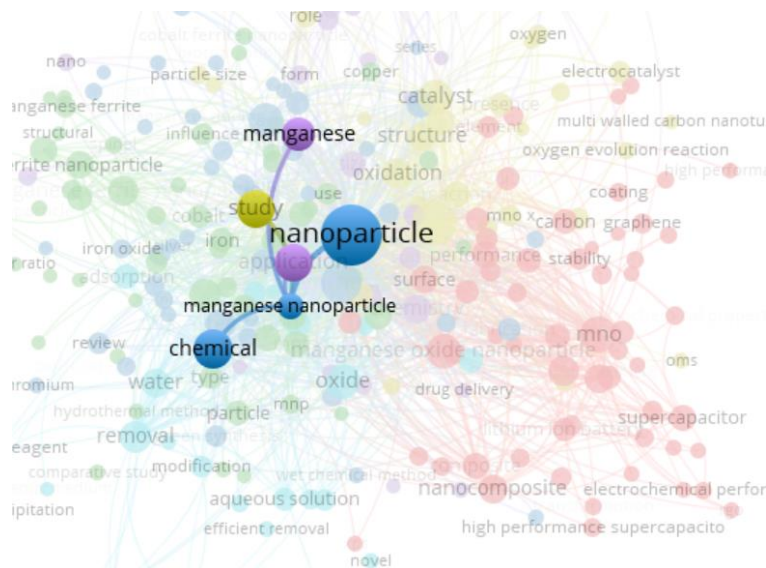
Gambar 2. Visualisasi Jaringan Kata Kunci Nanopartikel Mangan



Gambar 3. Visualisasi Kepadatan Kata Kunci Nanopartikel Mangan



Gambar 6. Visualisasi Jaringan Istilah Mangan.



Gambar 7. Visualisasi Jaringan Istilah Nanopartikel Mangan.

Visualisasi *overlay* yang digunakan dalam penelitian nanopartikel mangan ditunjukkan pada **Gambar 4**. Keunikan penelitian pada topik terkait ditunjukkan oleh *overlay* visualisasi ini. **Gambar 4** menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian nanopartikel mangan dilakukan antara tahun 2016 dan 2017.

Jelas dari pemetaan data dari artikel yang dikumpulkan bahwa penelitian masih jarang menggunakan istilah nanopartikel mangan. Sebagian besar penelitian hanya merujuk pada nanopartikel, mangan, dan oksida mangan sebagai terminologi terkait.

4. KESIMPULAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis pemetaan komputasi pada informasi bibliometrik publikasi penelitian nanopartikel mangan. Artikel yang digunakan diperoleh dari *Publish or Perish* dari *Google Scholar Database*. Judul penelitian dan abstrak adalah data pustaka

yang digunakan dalam penelitian ini. Dari tahun 2012 hingga 2015 terjadi peningkatan publikasi, puncak penelitian terjadi pada tahun 2015. Terjadi penurunan antara tahun 2016 dan 2018. Terjadi peningkatan pada tahun 2019, diikuti penurunan hingga tahun 2022. Temuan tersebut menunjukkan bahwa frase nanopartikel mangan masih belum dimanfaatkan secara luas, meninggalkan banyak kemungkinan penelitian yang belum dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Husaeni, D.F.; and Nandiyanto, A.B.D. (2022). Bibliometric using Vosviewer with Publish or Perish (using google scholar data): From step-bystep processing for users to the practical examples in the analysis of digital learning articles in pre and post Covid-19 pandemic. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 2(1), 19-46.
- [2] Al Husaeni, D.F.; Nandiyanto, A.B.D.; and Maryanti, R. (2022). Bibliometric analysis of educational research in 2017 to 2021 using VOSviewer: Google scholar indexed research. *Indonesian Journal of Teaching in Science*, 3(1), 1-8.
- [3] Castiblanco, P.A.; Ramirez, J.L.; and Rubiano, A. (2021). Smart materials and their application in robotic hand systems: A state of the art. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 6(2), 401-426.
- [4] Estelrich, J., Sánchez-Martín, M. J., & Busquets, M. A. (2015). Nanoparticles in magnetic resonance imaging: from simple to dual contrast agents. *International journal of nanomedicine*, 10, 1727.
- [5] Fauziah, A. (2022). A bibliometric analysis of nanocrystalline cellulose production research as drug delivery system using VOSviewer. *Indonesian Journal of Multidiciplinary Research*, 2(2), 333-338.[25]
- [6] Ge, L., Li, Q., Wang, M., Ouyang, J., Li, X., & Xing, M. M. (2014). Nanosilver particles in medical applications: synthesis, performance, and toxicity. *International journal of nanomedicine*, 9, 2399.
- [7] Gorlin, Y., Lassalle-Kaiser, B., Benck, J. D., Gul, S., Webb, S. M., Yachandra, V. K., ... & Jaramillo, T. F. (2013). In situ X-ray absorption spectroscopy investigation of a bifunctional manganese oxide catalyst with high activity for electrochemical water oxidation and oxygen reduction. *Journal of the American Chemical Society*, 135(23), 8525-8534.
- [8] Grandjean, P.; Eriksen, M.L.; Ellegaard, O.; and Wallin, J.A. (2011). The Matthew effect in environmental science publication: a bibliometric analysis of chemical substances in journal articles. *Environmental Health*, 10(1), 1-8.[9]
- [9] Hamidah, I.; Sriyono, S.; and Hudha, M.N. (2020). A Bibliometric analysis of Covid-19 research using VOSviewer. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 5(2), 209-216.
- [10] Hua, M., Zhang, S., Pan, B., Zhang, W., Lv, L., & Zhang, Q. (2012). Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: a review. *Journal of hazardous materials*, 211, 317-331.
- [11] Issa, B., Obaidat, I. M., Albiss, B. A., & Haik, Y. (2013). Magnetic nanoparticles: surface effects and properties related to biomedicine applications. *International journal of molecular sciences*, 14(11), 21266-21305.
- [12] Kim, J., Cho, H. R., Jeon, H., Kim, D., Song, C., Lee, N., ... & Hyeon, T. (2017). Continuous O₂-evolving MnFe₂O₄ nanoparticle-anchored mesoporous silica nanoparticles for efficient photodynamic therapy in hypoxic cancer. *Journal of the American Chemical Society*, 139(32), 10992-10995.

- [13] Li, D., Baydoun, H., Verani, C. N., & Brock, S. L. (2016). Efficient water oxidation using CoMnP nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, 138(12), 4006-4009.
- [14] Liang, Y., Li, Y., Wang, H., & Dai, H. (2013). Strongly coupled inorganic/nanocarbon hybrid materials for advanced electrocatalysis. *Journal of the American Chemical Society*, 135(6), 2013-2036.
- [15] Liang, Y., Wang, H., Zhou, J., Li, Y., Wang, J., Regier, T., & Dai, H. (2012). Covalent hybrid of spinel manganese-cobalt oxide and graphene as advanced oxygen reduction electrocatalysts. *Journal of the American Chemical Society*, 134(7), 3517-3523.
- [16] Mahdavi, B., Paydarfard, S., Zangeneh, M. M., Goorani, S., Seydi, N., & Zangeneh, A. (2020). Assessment of antioxidant, cytotoxicity, antibacterial, antifungal, and cutaneous wound healing activities of green synthesized manganese nanoparticles using *Ziziphora clinopodioides* Lam leaves under in vitro and in vivo condition. *Applied organometallic chemistry*, 34(1), e5248.
- [17] Modak, N.M.; Lobos, V.; Merigó, J.M.; Gabrys, B.; and Lee, J.H. (2020). Forty years of computers and chemical engineering: A bibliometric analysis. *Computers and Chemical Engineering*, 141, 106978.
- [18] Moritz, M., & Geszke-Moritz, M. (2013). The newest achievements in synthesis, immobilization and practical applications of antibacterial nanoparticles. *Chemical Engineering Journal*, 228, 596-613.
- [19] Mulyawati, I.B.; and Ramadhan, D.F. (2021). Bibliometric and visualized analysis of scientific publications on geotechnics fields. *ASEAN Journal of Science and Engineering Education*, 1(1), 37-46.
- [20] Nandiyanto, A.B.D.; Al Husaeni, D.N.; and Al Husaeni, D.F. (2021). A bibliometric analysis of chemical engineering research using vosviewer and its correlation with covid-19 pandemic condition. *Journal of Engineering Science and Technology*, 16(6), 4414-4422.
- [21] Nandiyanto, A.B.D.; and Al Husaeni, D.F. (2021). A bibliometric analysis of materials research in Indonesian journal using VOSviewer. *Journal of Engineering Research*, 9(ASSEEE Special Issue), 1-16.
- [22] Ramírez, A., Hillebrand, P., Stellmach, D., May, M. M., Bogdanoff, P., & Fiechter, S. (2014). Evaluation of MnO_x, Mn₂O₃, and Mn₃O₄ electrodeposited films for the oxygen evolution reaction of water. *The Journal of Physical Chemistry C*, 118(26), 14073-14081.
- [23] Robinson, D. M., Go, Y. B., Mui, M., Gardner, G., Zhang, Z., Mastrogiovanni, D., ... & Dismukes, G. C. (2013). Photochemical water oxidation by crystalline polymorphs of manganese oxides: structural requirements for catalysis. *Journal of the American chemical Society*, 135(9), 3494-3501.
- [24] Schrlau, M.G.; Stevens, R.J.; and Schley, S. (2016). Flipping core courses in the undergraduate mechanical engineering curriculum: Heat transfer. *Advances in Engineering Education*, 5(3), n3.
- [25] Servin, A., Elmer, W., Mukherjee, A., la Torre-Roche, D., Hamdi, H., White, J. C., ... & Dimkpa, C. (2015). A review of the use of engineered nanomaterials to suppress plant disease and enhance crop yield. *Journal of Nanoparticle Research*, 17(2), 1-21.
- [26] Sharifi, I., Shokrollahi, H., & Amiri, S. (2012). Ferrite-based magnetic nanofluids used in hyperthermia applications. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 324(6), 903-915.

- [27] Singh, J., Dutta, T., Kim, K. H., Rawat, M., Samddar, P., & Kumar, P. (2018). 'Green' synthesis of metals and their oxide nanoparticles: applications for environmental remediation. *Journal of nanobiotechnology*, 16(1), 1-24.
- [28] Song, F., & Hu, X. (2014). Ultrathin cobalt–manganese layered double hydroxide is an efficient oxygen evolution catalyst. *Journal of the American Chemical Society*, 136(47), 16481-16484.
- [29] Takashima, T., Hashimoto, K., & Nakamura, R. (2012). Mechanisms of pH-dependent activity for water oxidation to molecular oxygen by MnO₂ electrocatalysts. *Journal of the American Chemical Society*, 134(3), 1519-1527.
- [30] Yao, Y., Cai, Y., Lu, F., Wei, F., Wang, X., & Wang, S. (2014). Magnetic recoverable MnFe₂O₄ and MnFe₂O₄-graphene hybrid as heterogeneous catalysts of peroxymonosulfate activation for efficient degradation of aqueous organic pollutants. *Journal of hazardous materials*, 270, 61-70.
- [31] Zhang, Y. N., Poon, W., Tavares, A. J., McGilvray, I. D., & Chan, W. C. (2016). Nanoparticle–liver interactions: cellular uptake and hepatobiliary elimination. *Journal of controlled release*, 240, 332-348.
- [32] Zhao, Z., Fan, H., Zhou, G., Bai, H., Liang, H., Wang, R., ... & Tan, W. (2014). Activatable fluorescence/MRI bimodal platform for tumor cell imaging via MnO₂ nanosheet–aptamer nanoprobe. *Journal of the American Chemical Society*, 136(32), 11220-11223.