

Bibliometric Computational Mapping Analysis of Publication on Bi₂O₃ Nanoparticles Using Vosviewer

Muhamad Daffa Putra¹, Asep Bayu Dani Nandiyanto²

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

*CorrespondingEmail: nandiyanto@upi.edu

ABSTRAK

Kajian ini mengkaji perkembangan penelitian nanopartikel bismut oksida (Bi₂O₃) melalui pendekatan bibliometrik dengan analisis pemetaan komputasional menggunakan VOSviewer. Data artikel jurnal diperoleh dari database Google Scholar menggunakan aplikasi Publish or Perish. Kata kunci yang digunakan untuk mencari jurnal terkait adalah Bi₂O₃, nanopartikel, kimia, bismut oksida. Ada 998 artikel jurnal yang terkait dengan kata kunci. Kisaran artikel jurnal yang dicari dari database Google Scholar adalah 10 tahun terakhir (2012 – 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel Bi₂O₃ dapat dipisahkan menjadi 3 istilah: nanopartikel, Bi₂O₃, bismut oksida. Istilah nanopartikel yang termasuk dalam cluster 3 dengan total 186 link, 812 total link strength, dan 163 kemunculan. Istilah kedua adalah Bi₂O₃ yang termasuk dalam cluster 7 dengan total 213 link, total kekuatan link 1550, dan kejadian 189 dan istilah oksida bismut yang termasuk dalam cluster 4 dengan total 230 link, total kekuatan link 2080, dan 401 kejadian. Hasil analisis perkembangan penelitian dalam 10 tahun terakhir menunjukkan sedikit fluktuasi. Pada tahun 2012 – 2013 terjadi peningkatan jumlah penelitian dari 34 menjadi 62 (28 penelitian). Namun pada tahun 2013 – 2016 mengalami penurunan dari 62 menjadi 53 (9 penelitian). Tahun 2016 – 2022 kembali mengalami peningkatan yang signifikan dari 53 menjadi 152 (99 studi). Dengan hasil penelitian ini, perkembangan penelitian nanopartikel Bi₂O₃ menunjukkan bahwa penelitian ini memiliki peluang besar yang dapat dieksplorasi kembali.

Kata kunci: Bibliometrik, nanopartikel Bi₂O₃, Kimia, Analisis pemetaan komputasional, , VOSviewer

ABSTRACT

This study examines the development of research on bismuth oxide (Bi₂O₃) nanoparticles through a bibliometric approach with computational mapping analysis using VOSviewer. Journal article data was obtained from the Google Scholar database using the Publish or Perish application. The keywords used to search related journals are Bi₂O₃, nanoparticles, chemistry, bismuth oxide. There were 998 journal articles related to keywords. The range of journal articles searched from the Google Scholar database is the last 10 years (2012 – 2022). The results show that research Bi₂O₃ nanoparticles can be separated into 3 terms: nanoparticle, Bi₂O₃, bismuth oxide. Nanoparticle term which is included in cluster 3 with 186 links total, 812 total link strength, and 163 occurrences. The second term is Bi₂O₃ which belongs to cluster 7 with a total of 213 links, a total link strength of 1550, and occurrences of 189 and a bismuth oxide term which belongs to cluster 4 with a total of 230 links, a total link strength of 2080, and 401 occurrences. The results of the analysis of research developments in the last 10 years show a slight fluctuation. In 2012 – 2013 there was an increase in the number of studies from 34 to 62 (28 studies). However, in 2013 – 2016 it decreased from 62 to 53 (9 studies). In 2016 – 2022 again experienced a significant increase from 53 to 152 (99 studies). With the results of this study, the development of research on Bi₂O₃ nanoparticles shows that this research has great opportunities that can be explored again.

Keywords: Bibliometric, Bi₂O₃ nanoparticle, Chemistry, Computational mapping analysis, , VOSviewer

1. PENDAHULUAN

Kimia partikel nano adalah cabang penelitian kimia yang relatif muda. Nanopartikel digunakan dalam bahan konstruksi, pigmen, dan kaca patri jauh sebelum sifat dan sifatnya ditemukan dan dipahami. Selama lebih dari satu abad, nanopartikel logam transisi banyak digunakan sebagai katalis heterogen dan menghasilkan pendapatan yang mengesankan bagi perusahaan petrokimia. Terlepas dari contoh-contoh yang tersebar luas ini, kimia nanopartikel tidak berkembang menjadi bidang akademik yang ketat sampai akhir abad ke-20, ketika ketersediaan mikroskop elektron dan teknik karakterisasi modern lainnya melengkapi peneliti dengan alat yang cocok untuk menganalisis objek berukuran nanometer [1]. Namun dalam bidang penelitian masih belum dapat dipastikan apakah cabang nanopartikel masih banyak diminati atau tidak, khususnya dalam bidang penelitian.

Terdapat salah satu teknik analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui perkembangan penelitian di bidang nanopartikel Bi_2O_3 , yaitu analisis bibliometrik. Analisis bibliometrik merupakan salah satu bentuk meta-analisis data penelitian yang dapat membantu peneliti dalam mempelajari konten bibliografi dan analisis kutipan dari artikel yang diterbitkan dalam jurnal dan karya ilmiah lainnya.

Telah banyak penelitian mengenai analisis bibliometrik, antara lain analisis bibliometrik pada ilmu ekonomi [3-7], analisis bibliometrik pada penelitian kimia [8, 9] dan teknik kimia [10-12], analisis bibliometrik pada penelitian bahan [13], SMK [14], Publikasi Ilmiah [15], Pendidikan Kebutuhan Khusus [16], Publikasi Pendidikan Tekno-Ekonomi [17], Performa mesin [18], Dataset menggambarkan penurunan jumlah publikasi ilmiah [19], Aplikasi di tangan robot sistem [20], Efektivitas penelitian dalam bidang subjek di antara universitas kelas atas [21], Penelitian Pendidikan [22], Bioenergi Manajemen [23], Nanopartikel Magnetit [24], Riset Produksi Selulosa Nanokristalin [25], dan Nano Logam-Organik Sintesis Kerangka Kerja [26].

Namun, penelitian tentang pemetaan komputasi analisis bibliometrik data yang dipublikasikan di bidang pendidikan nanopartikel bismut oksida (Bi_2O_3) yang telah dilakukan secara khusus untuk mengetahui perkembangan penelitian tersebut belum dilakukan. Khususnya analisis bibliometrik untuk penelitian dalam 11 tahun terakhir pada periode 2012 hingga 2022 melalui aplikasi VOSviewer. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melakukan penelitian komputasi pemetaan analisis bibliometrik artikel yang diindeks oleh Google Scholar menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat menjadi acuan bagi peneliti untuk melakukan dan menentukan tema penelitian yang akan diambil khususnya yang berkaitan dengan bidang nanopartikel Bi_2O_3 .

2. METODOLOGI PENELITIAN

Data artikel yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada penelitian dari publikasi yang telah dipublikasikan di jurnal terindeks Google Scholar. Kami memilih Google Scholar dalam penelitian ini karena database Google Scholar bersifat open source. Untuk mendapatkan data penelitian digunakan aplikasi referensi manager yaitu Publish or Perish. Perangkat lunak Publish or Perish digunakan untuk melakukan tinjauan pustaka pada topik pilihan kami. Informasi detail untuk menggunakan dan menginstal perangkat lunak dan proses langkah demi langkah untuk mendapatkan data dijelaskan dalam penelitian kami sebelumnya [27] dan informasi rinci tentang pencarian

perpustakaan dalam mencari data di Google Scholar dijelaskan dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Azizah et Al.

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan:

- (i) Pengumpulan data publikasi menggunakan aplikasi publish or perish,
- (ii) Pengolahan data bibliometrik artikel yang telah diperoleh dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excel,
- (iii) Analisis pemetaan komputasi data publikasi bibliometri menggunakan aplikasi VOSviewer, dan,
- (iv) Analisis hasil analisis pemetaan komputasi.

Pencarian data artikel pada Publish or Perish digunakan untuk memfilter publikasi menggunakan kata kunci “Bi₂O₃ nanoparticle” berdasarkan persyaratan judul publikasi. Makalah yang digunakan diterbitkan antara tahun 2012 dan 2022. Semua data diperoleh pada bulan September 2022. Artikel yang telah terkumpul dan sesuai dengan kriteria analisis penelitian ini kemudian diekspor ke dalam dua jenis file: sistem informasi penelitian (.ris) dan format nilai yang dipisahkan koma (*.csv).

VOSviewer juga dapat digunakan untuk memvisualisasikan dan mengevaluasi tren menggunakan peta bibliometrik. Data artikel dari database sumber kemudian dipetakan. VOSviewer digunakan untuk membuat 3 variasi publikasi pemetaan, yaitu visualisasi jaringan, visualisasi densitas, dan visualisasi overlay berdasarkan jaringan (co-citation) antar item yang ada. Saat membuat peta bibliometrik, frekuensi kata kunci ditetapkan untuk ditemukan minimal 3 kali. Sehingga diperoleh 278 istilah dan kata kunci yang kurang relevan telah dihapus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil penelusuran data publikasi

Berdasarkan penelusuran data melalui aplikasi pengelola referensi publish or perish dari database Google Scholar, diperoleh 998 artikel data yang memenuhi kriteria penelitian. Data yang diperoleh berupa metadata artikel yang terdiri dari nama penulis, judul, tahun, nama jurnal, penerbit, jumlah sitasi, link artikel, dan URL terkait. Tabel 1 menunjukkan beberapa contoh data yang dipublikasikan yang digunakan dalam analisis VOSviewer dari penelitian ini. Sampel data yang diambil adalah 20 artikel terbaik yang memiliki jumlah sitasi terbanyak. Jumlah sitasi dari seluruh artikel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20.872, jumlah sitasi per tahun adalah 2087.20, jumlah sitasi per artikel adalah 20.89, rata-rata penulis pada artikel yang digunakan adalah 4.42, semua artikel memiliki rata-rata h-index adalah 67, dan indeks-g adalah 99.

Tabel 1. Data Publikasi Bi₂O₃ nanopartikel

No.	Author	Title	Year	Cites	Refs
1	X Meng, Z Zhang	Bismuth-based photocatalytic semiconductors: introduction, challenges and possible approaches	2016	376	[28]
2	J Zhang et al	Design of a direct Z-scheme photocatalyst: preparation and characterization of Bi ₂ O ₃ /g-C ₃ N ₄ with high visible light activity	2014	316	[29]

No.	Author	Title	Year	Cites	Refs
3	S Balachandran, M Swaminathan	Facile Fabrication of Heterostructured Bi ₂ O ₃ – ZnO Photocatalyst and Its Enhanced Photocatalytic Activity	2012	267	[30]
4	Y Peng, et al	Novel one-dimensional Bi ₂ O ₃ –Bi ₂ WO ₆ p–n hierarchical heterojunction with enhanced photocatalytic activity	2014	234	[31]
5	L Hu et al	Enhanced degradation of Bisphenol A (BPA) by peroxymonosulfate with Co ₃ O ₄ -Bi ₂ O ₃ catalyst activation: effects of pH, inorganic anions, and water matrix	2018	224	[32]
6	Y Hong et al	Promoting visible-light-induced photocatalytic degradation of tetracycline by an efficient and stable beta-Bi ₂ O ₃ @g-C ₃ N ₄ core/shell nanocomposite	2018	224	[33]
7	B Shao et al	A novel double Z-scheme photocatalyst Ag ₃ PO ₄ /Bi ₂ S ₃ /Bi ₂ O ₃ with enhanced visible-light photocatalytic performance for antibiotic degradation	2019	193	[34]
8	M Chen et al	Enhanced photocatalytic degradation of ciprofloxacin over Bi ₂ O ₃ /(BiO) ₂ CO ₃ heterojunctions: efficiency, kinetics, pathways, mechanisms and toxicity evaluation	2018	160	[35]
9	T Saison et al	New Insights into Bi ₂ WO ₆ Properties as a Visible-Light Photocatalyst	2013	156	[36]
10	Y Yan et al	Template-free fabrication of α-and β-Bi ₂ O ₃ hollow	2014	154	[37]

No.	Author	Title	Year	Cites	Refs
		spheres and their visible light photocatalytic activity for water purification			
11	SC Pillai et al	Advances in the synthesis of ZnO nanomaterials for varistor devices	2013	150	[38]
12	HY Jiang et al	Enhanced Visible Light Photocatalysis of Bi ₂ O ₃ upon Fluorination	2013	144	[39]
13	D Sánchez-Rodríguez et al	Photocatalytic properties of BiOCl-TiO ₂ composites for phenol photodegradation	2018	143	[40]
14	J Niu et al	Effects of environmental factors on sulfamethoxazole photodegradation under simulated sunlight irradiation: kinetics and mechanism	2013	142	[41]
15	MI Sayyed et al	Physical, structural, optical and gamma radiation shielding properties of borate glasses containing heavy metals (Bi ₂ O ₃ /MoO ₃)	2019	141	[42]
16	Z Wang et al	Multiply structural optimized strategies for bismuth oxyhalide photocatalysis and their environmental application	2019	137	[43]
17	J Theerthagiri et al	Recent developments of metal oxide based heterostructures for photocatalytic applications towards environmental remediation	2018	137	[44]
18	M Muruganandham et al	Facile Fabrication of Tunable Bi ₂ O ₃ Self-Assembly and Its Visible Light Photocatalytic Activity	2012	134	[45]

No.	Author	Title	Year	Cites	Refs
19	Y Li, MA Trujillo et al	Bismuth oxide: a new lithium-ion battery anode	2013	131	[46]
20	F Qin et al	Template-Free Fabrication of Bi ₂ O ₃ and (BiO) ₂ CO ₃ Nanotubes and Their Application in Water Treatment	2012	131	[47]

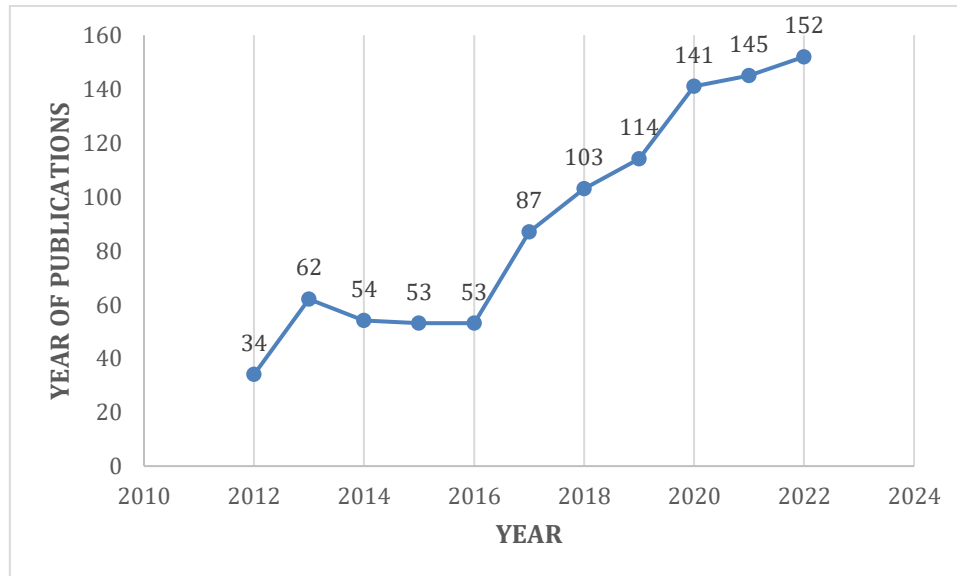
3.2. Pengembangan penelitian di bidang nanopartikel Bi₂O₃

Tabel 2. menunjukkan perkembangan penelitian di bidang nanopartikel Bi₂O₃ yang dipublikasikan di jurnal terindeks Google Scholar. Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 2, terlihat bahwa jumlah penelitian dalam nanopartikel Bi₂O₃ adalah 998 artikel dari tahun 2012-2022. Tahun 2012 sebanyak 34 artikel, tahun 2013 sebanyak 62 artikel, tahun 2014 sebanyak 54 artikel, tahun 2015 sebanyak 53 artikel, tahun 2016 sebanyak 53 artikel, tahun 2017 sebanyak 87 artikel, tahun 2018 sebanyak 103 artikel, dalam Tahun 2019 sebanyak 114 artikel, tahun 2021 sebanyak 141 artikel, dan tahun 2022 sebanyak 152 artikel.

Gambar 1. menunjukkan perkembangan penelitian nanopartikel Bi₂O₃ selama 11 tahun terakhir pada rentang tahun 2012 sampai dengan tahun 2022. Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa perkembangan penelitian terkait nanopartikel Bi₂O₃ mengalami peningkatan dari tahun 2012-2013 dan 2016-2022. Kecenderungan ini terlihat dari jumlah publikasi tahun 2012 ada 34 meningkat tahun 2013 menjadi 62 publikasi, tahun 2013 ke 2016 penelitian yang dialami mengalami penurunan dari 62 menjadi 53, tahun 2016 ada 53 meningkat tahun 2022 menjadi 152. Data menunjukkan popularitas penelitian nanopartikel Bi₂O₃ cenderung meningkat akhir-akhir ini, minat terhadap penelitian nanopartikel Bi₂O₃ semakin meningkat.

Tabel 2. Perkembangan penelitian nanopartikel Bi₂O₃

Year of Publication	Number of Publication
2012	34.0
2013	62.0
2014	54.0
2015	53.0
2016	53.0
2017	87.0
2018	103.0
2019	114.0
2020	141.0
2021	145.0
2022	152.0
Total	998.0
Average	90.7



Gambar 1. Tingkat Perkembangan Penelitian nanopartikel Bi₂O₃

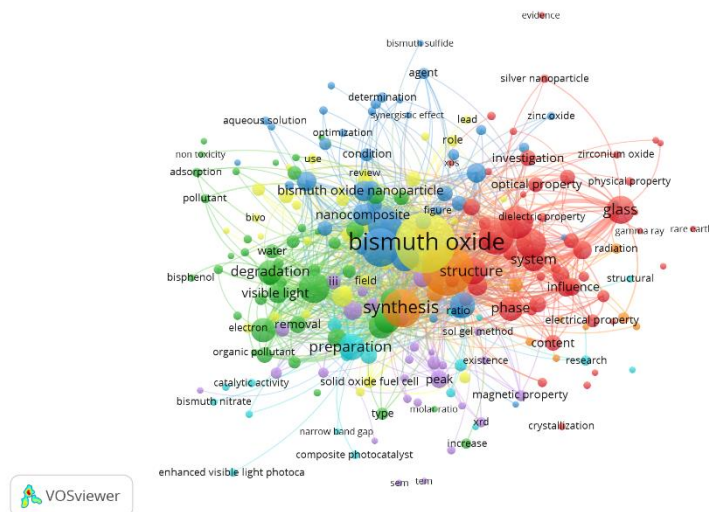
3.3. Visualisasi area topik nanopartikel Bi₂O₃ menggunakan VOSviewer

Data artikel jurnal yang diperoleh diilustrasikan dengan peta komputasi menggunakan VOSviewer. Dari hasil komputasi diperoleh 237 item yang dibagi menjadi 8 cluster, yaitu:

- (i) Cluster 1 memiliki 54 item dan ditandai dengan warna merah, 54 item tersebut adalah bi₂o₃ phase, bismuth ion, bismuth oxide phase, ceramic, chemical composition, composition, conductivity, content, crystallization, dielectric property, effect, electrical property, enhancement, evidence, form, gamma ray, glass, hand, impact, influence, investigation, ion, microstructure, nano, optical, optical property, order, oxide, phase, phase transformation, photoluminescence, photon, physical property, powder, presence, present study, present work, property, rare earth, reaction, region, sample, silver nanoparticle, sintering temperature, structure, system, temperature, value, variation, varistor, xps, zirconia, zirconium oxide
- (ii) Cluster 2 memiliki 45 item dan ditandai dengan warna hijau 45 item tersebut adalah activation, adsorption, band gap, biocl, bismuth molybdate, bismuth oxychloride, bismuth oxyhalide, bisphenol, carbon, catalyst, chemical, composite, construction, contrast, degradation, enhanced photocatalytic activity, fabrication, facile, facile fabrication, flower, heterojunction, high refractive index, Increase, layer, methylene blue, microsphere, molar ratio, non toxicity, organic pollutant, oxygen vacancy, photocatalysis, photocatalyst, photocatalytic activity, photocatalytic performance, pollutant, pot synthesis, removal, rhodamine b, self, strategy, thermal stability, type, visible light, visible light irradiation, water.
- (iii) Cluster 3 memiliki 41 item dan ditandai dengan warna biru 41 item tersebut activity, agent, air, amount, application, aqueous solution, bi₂o₃ nanoparticle, bi₂o₃ np, bismuth, bismuth nanoparticle, bismuth oxide nanoparticle, bismuth sulfide, calcination, characterization, condition, copper oxide, determination, dye, evaluation, experiment, figure, film, formation, high photocatalytic activity, hydrothermal synthesis, metal oxide nanoparticle, metallic bismuth, mixture, nanocomposite, nanomaterial, nanoparticle, optimization, oxide nanoparticle, particle, photocatalytic degradation, production, ratio, raw material, synergistic effect, tetracycline, zinc oxide
- (iv) Cluster 4 memiliki 34 item dan ditandai dengan warna kuning 34 item tersebut adalah attention, bismuth oxide, bivo, CO₂, compound, development, electrode, electrolyte, electron, enhanced visible light, field, graphene oxide, heterostructure, high performance, incorporation, insight, lead, metal oxide, metal oxide semiconductor, novel, oxygen, p type semiconductor, performance, photocatalytic application, reduction, revtew, role, sensor, solid oxide, solid oxide fuel cell, stability, supercapacitor electrode, toxicity, use

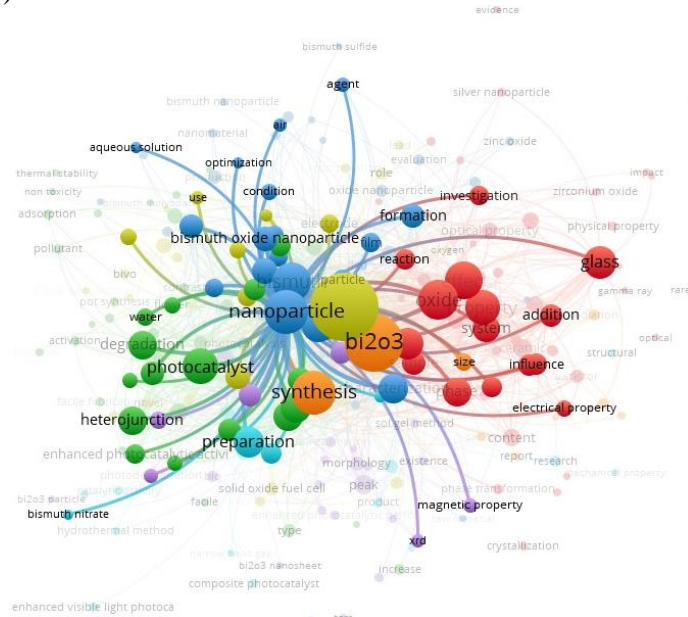
- (v) Cluster 5 memiliki 28 item dan ditandai dengan warna ungu 28 item tersebut adalah bi203 nanosheet, bi203 particle, binding energy, bio, companson, crystal structure, enhanced photocatalytic performance, existence, facile synthesis, fig, growth, low temperature, magnetic property, morphology, nanosheet, ox idation, oxidation state, peak, photodegradation, room temperature, sem, sol gel method, surface, tem, time, transformation, xrd.
- (vi) Cluster 6 memiliki 20 item dan ditandai dengan warna biru muda 20 item tersebut adalah bi2o3 tio2, bifeo, bismuth nitrate, catalytic activity, composite photocatalyst, enhanced visible light photocatalystR, hydrothermal method, mechanical property, mechanism, monoclinic, narrow band gap, photocatalytic property, polymorph, precursor, preparation, product, research, semiconductor, structural, structural property.
- (vii) Cluster 7 memiliki 15 item dan ditandai dengan warna oranye 15 item tersebut adalah bi2o3, bismuth trioxide, high temperature, luminescence property, mol, paper, phase formation, radiation, range, report, senes, size, solution, synthesis, thin film.

Keterkaitan antara satu term dengan term lainnya ditunjukkan pada setiap cluster yang ada. Label diberikan untuk setiap istilah dengan lingkaran berwarna. Ukuran lingkaran untuk setiap istilah bervariasi tergantung pada frekuensi kemunculan istilah tersebut. Ukuran label lingkaran menunjukkan korelasi positif dengan kemunculan istilah dalam judul dan abstrak. Semakin sering istilah tersebut ditemukan, semakin besar ukuran labelnya [27]. Itu visualisasi pemetaan yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari 3 bagian yaitu visualisasi jaringan (lihat Gbr. 2), visualisasi kerapatan (lihat Gbr. 3), dan visualisasi overlay (lihat Gbr. 4)

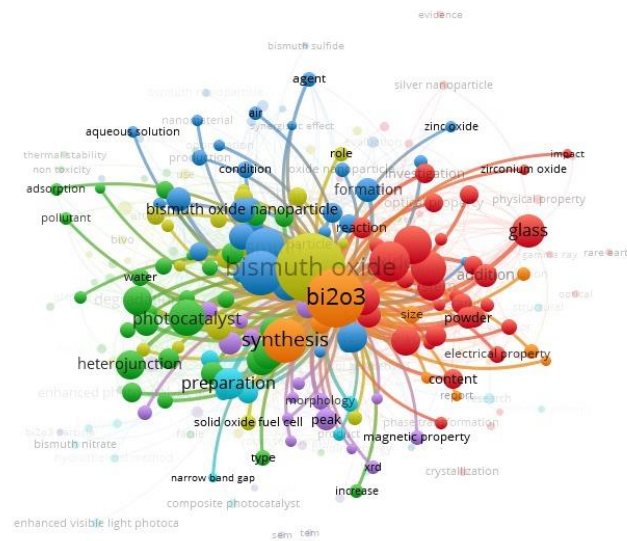


Gambar 2. Visualisasi Jaringan Kata Kunci Bismut Oksida

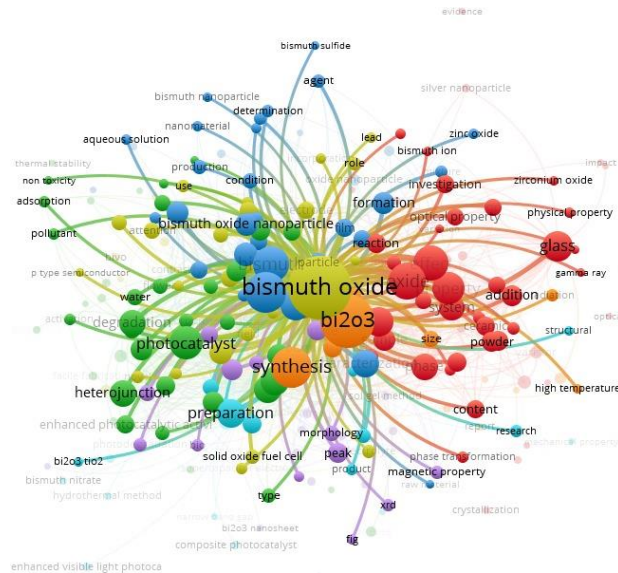
bismut yang termasuk dalam kluster 4 dengan total 230 tautan, kekuatan tautan total 2080, dan 401 kejadian (lihat Gambar 7).



Gambar 5. Visualisasi Jaringan Istilah Nanopartikel.



Gambar 6. Visualisasi Jaringan Istilah bi_2o_3 .



Gambar 7. Visualisasi Jaringan Istilah Oksida Bismut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelusuran, terdapat 998 artikel yang relevan dalam rentang tahun 2012 hingga 2022. Pada tahun 2012 – 2013 terjadi peningkatan jumlah studi dari 34 menjadi 62 (28 studi). Namun pada tahun 2013 – 2016 mengalami penurunan dari 62 menjadi 53 (9 penelitian). Tahun 2016 – 2022 kembali mengalami peningkatan yang signifikan dari 53 menjadi 152 (99 studi). Hasil kajian menunjukkan bahwa terdapat peluang di bidang Bi_2O_3 yang masih memiliki peluang cukup tinggi dan terkait dengan istilah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Talapin, D. V., & Shevchenko, E. V. (2016). Introduction: nanoparticle chemistry. *Chemical Reviews*, 116(18), 10343-10345.
- [2] Bonilla, C.A.; Merigó, J.M.; and Torres-Abad, C. (2015). Economics in Latin America: a bibliometric analysis. *Scientometrics*, 105(2), 1239-1252.
- [3] Firmansyah, E.A.; and Faisal, Y.A. (2019). Bibliometric analysis of Islamic economics and finance journals in Indonesia. *Al-muzara'ah*, 7(2), 17-26.
- [4] Rusydiana, A.S. (2019). Bibliometric Analysis of Scopus-Indexed Waqf Studies. *Ekonomi Islam Indonesia*, 1(1), 1-17.
- [5] Castillo-Vergara, M.; Alvarez-Marin, A.; and Placencio-Hidalgo, D. (2018). A bibliometric analysis of creativity in the field of business economics. *Journal of Business Research*, 85, 1-9.
- [6] Nederhof, A.J.; and Van Raan, A.F. (1993). A bibliometric analysis of six economics research groups: A comparison with peer review. *Research Policy*, 22(4), 353-368.
- [7] 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.
- [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] Ho, Y.S. (2012). Top-cited articles in chemical engineering in Science Citation Index Expanded: A bibliometric analysis. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 20(3), 478-488.
- [10] 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.
- [11] Chun, Y.Y. (2009). Bibliometric analysis of journal articles published by Southeast Asian

- chemical engineering researchers. *Malaysian Journal of Library and Information Science*, 14(3), 1-13.
- [12] 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.
- [13] Al Husaeni, D.N.; and Nandiyanto, A.B.D. (2023b). A bibliometric analysis of vocational school keywords using vosviewer. *ASEAN Journal of Science and Engineering Education*, 3(1), 1-10.
- [14] 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.
- [15] Al Husaeni, D.N.; Nandiyanto, A.B.D.; and Maryanti, R. (2023a). Bibliometric analysis of special needs education keyword using VOSviewer indexed by google scholar. *Indonesian Journal of Community and Special Needs Education*, 3(1), 1-10.
- [16] Ragahita, R.; and Nandiyanto, A.B.D. (2022). Computational bibliometric analysis on publication of techno-economic education. *Indonesian Journal of Multidiciplinary Research*, 2(1), 213-220.
- [17] Setiyo, M.; Yuwenda, D.; and Samue, O.D. (2021). The concise latest report on the advantages and disadvantages of pure biodiesel (b100) on engine performance: Literature review and bibliometric analysis. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 6(3), 469-490.
- [18] Nandiyanto, A.B.D.; Biddinika, M.K.; and Triawan, F. (2020a). How bibliographic dataset portrays decreasing number of scientific publication from Indonesia. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 5(1), 154-175.
- [19] 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.
- [20] Nandiyanto, A.B.D.; Biddinika, M.K.; and Triawan, F. (2020b). Evaluation on research effectiveness in a subject area among top class universities: a case of Indonesia's academic publication dataset on chemical and material sciences. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(3), 1747-1775.
- [21] Al Husaeni, D.F.; Nandiyanto, A.B.D.; and Maryanti, R. (2023b). 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.
- [22] Soegoto, H.; Soegoto, E.S.; and Luckyardi, S. (2022). A bibliometric analysis of management bioenergy research using VOSviewer application. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 7(1), 89-104.
- [23] Nugraha, S.A. (2022). Bibliometric analysis of magnetite nanoparticle production research during 2017-2021 using VOSviewer. *Indonesian Journal of Multidiciplinary Research*, 2(2), 327-332.
- [24] 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] Shidiq, A.P. (2023). A bibliometric analysis of nano metal-organic frameworks synthesis research in medical science using VOSviewer. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 3(1), 31-38.
- [26] 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.
- [27] Azizah, N.N.; Maryanti, R.; and Nandiyanto, A.B.D. (2021). How to search and manage

references with a specific referencing style using google scholar: From step-by-step processing for users to the practical examples in the referencing education. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research*, 1(2), 267-294.

- [28] Meng, X., & Zhang, Z. (2016). Bismuth-based photocatalytic semiconductors: introduction, challenges and possible approaches. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 423, 533-549.
- [29] Zhang, J., Hu, Y., Jiang, X., Chen, S., Meng, S., & Fu, X. (2014). Design of a direct Z-scheme photocatalyst: preparation and characterization of Bi₂O₃/g-C₃N₄ with high visible light activity. *Journal of hazardous materials*, 280, 713-722.
- [30] Balachandran, S., & Swaminathan, M. (2012). Facile fabrication of heterostructured Bi₂O₃-ZnO photocatalyst and its enhanced photocatalytic activity. *The Journal of Physical Chemistry C*, 116(50), 26306-26312.
- [31] Peng, Y., Yan, M., Chen, Q. G., Fan, C. M., Zhou, H. Y., & Xu, A. W. (2014). Novel one-dimensional Bi₂O₃-Bi₂WO₆ p-n hierarchical heterojunction with enhanced photocatalytic activity. *Journal of Materials Chemistry A*, 2(22), 8517-8524.
- [32] Hu, L., Zhang, G., Liu, M., Wang, Q., & Wang, P. (2018). Enhanced degradation of Bisphenol A (BPA) by peroxymonosulfate with Co₃O₄-Bi₂O₃ catalyst activation: effects of pH, inorganic anions, and water matrix. *Chemical Engineering Journal*, 338, 300-310.
- [33] Hong, Y., Li, C., Yin, B., Li, D., Zhang, Z., Mao, B., ... & Shi, W. (2018). Promoting visible-light-induced photocatalytic degradation of tetracycline by an efficient and stable beta-Bi₂O₃@g-C₃N₄ core/shell nanocomposite. *Chemical Engineering Journal*, 338, 137-146.
- [34] Shao, B., Liu, X., Liu, Z., Zeng, G., Liang, Q., Liang, C., ... & Gong, S. (2019). A novel double Z-scheme photocatalyst Ag₃PO₄/Bi₂S₃/Bi₂O₃ with enhanced visible-light photocatalytic performance for antibiotic degradation. *Chemical Engineering Journal*, 368, 730-745.
- [35] Chen, M., Yao, J., Huang, Y., Gong, H., & Chu, W. (2018). Enhanced photocatalytic degradation of ciprofloxacin over Bi₂O₃/(BiO)₂CO₃ heterojunctions: efficiency, kinetics, pathways, mechanisms and toxicity evaluation. *Chemical Engineering Journal*, 334, 453-461.
- [36] Saison, T., Gras, P., Chemin, N., Chanéac, C., Durupthy, O., Brezova, V., ... & Jolivet, J. P. (2013). New insights into Bi₂WO₆ properties as a visible-light photocatalyst. *The Journal of Physical Chemistry C*, 117(44), 22656-22666.
- [37] Yan, Y., Zhou, Z., Cheng, Y., Qiu, L., Gao, C., & Zhou, J. (2014). Template-free fabrication of α - and β -Bi₂O₃ hollow spheres and their visible light photocatalytic activity for water purification. *Journal of alloys and compounds*, 605, 102-108.
- [38] Pillai, S. C., Kelly, J. M., Ramesh, R., & McCormack, D. E. (2013). Advances in the synthesis of ZnO nanomaterials for varistor devices. *Journal of Materials Chemistry C*, 1(20), 3268-3281.
- [39] Jiang, H. Y., Liu, J., Cheng, K., Sun, W., & Lin, J. (2013). Enhanced visible light photocatalysis of Bi₂O₃ upon fluorination. *The Journal of Physical Chemistry C*, 117(39), 20029-20036.
- [40] Sánchez-Rodríguez, D., Medrano, M. G. M., Remita, H., & Escobar-Barrios, V. (2018). Photocatalytic properties of BiOCl-TiO₂ composites for phenol photodegradation. *Journal of environmental chemical engineering*, 6(2), 1601-1612.
- [41] Niu, J., Zhang, L., Li, Y., Zhao, J., Lv, S., & Xiao, K. (2013). Effects of environmental factors on sulfamethoxazole photodegradation under simulated sunlight irradiation: kinetics and mechanism. *Journal of Environmental Sciences*, 25(6), 1098-1106.
- [42] Sayyed, M. I., Kaky, K. M., Gaikwad, D. K., Agar, O., Gawai, U. P., & Baki, S. O. (2019). Physical, structural, optical and gamma radiation shielding properties of borate glasses containing heavy metals (Bi₂O₃/MoO₃). *Journal of Non-Crystalline Solids*, 507, 30-37.
- [43] Wang, Z., Chen, M., Huang, D., Zeng, G., Xu, P., Zhou, C., ... & Wang, W. (2019). Multiply structural optimized strategies for bismuth oxyhalide photocatalysis and their environmental application. *Chemical Engineering Journal*, 374, 1025-1045.
- [44] Theerthagiri, J., Chandrasekaran, S., Salla, S., Elakkiya, V., Senthil, R. A., Nithyadharseni, P.,

- ... & Kim, H. S. (2018). Recent developments of metal oxide based heterostructures for photocatalytic applications towards environmental remediation. *Journal of Solid State Chemistry*, 267, 35-52.
- [45] Muruganandham, M., Amutha, R., Lee, G. J., Hsieh, S. H., Wu, J. J., & Sillanpaa, M. (2012). Facile fabrication of tunable Bi₂O₃ self-assembly and its visible light photocatalytic activity. *The Journal of Physical Chemistry C*, 116(23), 12906-12915.
- [46] Li, Y., Trujillo, M. A., Fu, E., Patterson, B., Fei, L., Xu, Y., ... & Luo, H. (2013). Bismuth oxide: a new lithium-ion battery anode. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(39), 12123-12127.
- [47] Qin, F., Li, G., Wang, R., Wu, J., Sun, H., & Chen, R. (2012). Template-free fabrication of Bi₂O₃ and (BiO)₂CO₃ nanotubes and their application in water treatment. *Chemistry–A European Journal*, 18(51), 16491-16497.