

ANALISIS KOMPUTASIONAL BIBLIOMETRIK NANOPARTIKEL SILIKON DIOKSIDA (SiO₂) MENGGUNAKAN VOSVIEWER

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SILICONE DIOXIDE (SiO₂) NANOPARTICLES USING VOSVIEWER

Eka Nikita Pratiwi^{1*}, Asep Bayu Dani Nandiyanto²

^{1,2}Departemen Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi no. 229, Bandung 40154, Jawa Barat, Indonesia
Corresponding author: ekanikita@upi.edu

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan penelitian mengenai nanopartikel silikon dioksida (SiO₂) menggunakan metode bibliometrik dengan bantuan aplikasi *VOSviewer*. Untuk mendapatkan data artikel digunakan aplikasi *publish or perish reference manager* dengan menggunakan *database google scholar*. Pada saat proses pengambilan *database google scholar* difokuskan pada publikasi jurnal dengan mengacu pada kata kunci "*silicon dioxide nanoparticle*" dengan rentang waktu 2012-2022. Dari hasil pencarian didapatkan sebanyak 996 artikel yang dianggap relevan. Dari 996 artikel didapatkan sebanyak 91 istilah yang berhubungan dengan nanopartikel silikon dioksida pada aplikasi *VOSviewer* yang terbagi ke dalam 7 kluster. Hasil analisis perkembangan penelitian mengenai nanopartikel silikon dioksida menunjukkan penurunan dan kenaikan yang sangat jelas terlihat. Penurunan terlihat dari jumlah publikasi pada tahun 2012 sebanyak 90 menjadi 72 pada tahun 2013. Publikasi kembali meningkat pada tahun 2014 dan 2015, dimana pada tahun 2014 terdapat sebanyak 90 publikasi dan di tahun 2015 sebanyak 111 publikasi. Pada tahun 2016 turun cukup drastis hingga hanya 77 publikasi dan kembali naik menjadi 97 publikasi pada tahun 2017. Peningkatan jumlah publikasi kembali terjadi di 2018 dengan 113 publikasi dan pada tahun 2019 turun kembali dengan berselisih 7 publikasi dari tahun sebelumnya. Tahun 2020 merupakan tahun publikasi terbanyak mengenai nanopartikel silikon dioksida dengan jumlah 116 publikasi. 2 tahun terakhir ini yaitu tahun 2021 dan 2022 penelitian mengenai nanopartikel silikon dioksida mengalami penurunan yang cukup drastis, hingga hanya terdapat sebanyak 47 publikasi saja di tahun 2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penelitian nanopartikel silikon dioksida masih memiliki peluang yang cukup besar untuk dilakukan penelitian terbaru yang terkait dengan istilah-istilah yang masih jarang dilakukan penelitian.

Kata Kunci : Bibliometrik, nanopartikel silikon dioksida, *VOSviewer*.

Abtrack - This study aims to determine the development of research on silicon dioxide nanoparticles using the bibliometric method with the help of the VOSviewer application. To get article data, use the publish or perish reference manager application using the Google Scholar database. During the process of taking the Google Scholar database, the focus was on journal publications with reference to the keyword "silicon dioxide nanoparticle" with a time span of 2012-2022. From the search results obtained as many as 996 articles that are considered relevant. From 996 articles, there were 91 terms related to silicon dioxide nanoparticles in the VOSviewer application which were divided into 7 clusters. The results of the analysis of the development of research on silicon dioxide nanoparticles show a very clear decrease and increase. The decline can be seen from the number of publications in 2012 from 90 to 72 in 2013. Publications increased again in 2014 and 2015, where in 2014 there were 90 publications and in 2015 there were 111 publications. In 2016 it fell quite drastically to only 77 publications and again rose to 97 publications in 2017. The increase in the number of publications occurred again in 2018 with 113 publications and in 2019 it fell again with a difference of 7 publications from the previous year. The year 2020 is the year for the most publications on silicon dioxide nanoparticles with a total of 116 publications. The last 2 years, namely in 2021 and 2022, research on silicon dioxide nanoparticles has decreased quite drastically, until there are only 47 publications in 2022. The results show that research on silicon dioxide nanoparticles still has a large enough opportunity for the latest research to be carried out. related to terms that are still rarely researched.

Keyword : Bibliometrics, silicon dioxide nanoparticles, *VOSviewer*.

I. PENDAHULUAN

Penelitian semakin lama semakin mengalami perkembangan. Salah satunya dalam penelitian mengenai nanopartikel silikon dioksida. Topik penelitian mengenai nanopartikel silikon dioksida ini biasa dilakukan oleh para peneliti kimia. Dimana dalam penelitian nanopartikel silikon dioksida ini bisa melibatkan beberapa istilah lain yang berkaitan seperti karakterisasi, struktur, interaksi, aplikasi dan yang lainnya. Untuk mengetahui sudah sejauh mana perkembangan penelitian mengenai nanopartikel silikon dioksida dan istilah apa saja yang sudah sering dikaji dan yang masih jarang dikaji, maka dilakukan analisis komputasi bibliometrik menggunakan aplikasi *VOSviewer* mengenai topik penelitian nanopartikel silikon dioksida.

Analisis bibliometrik merupakan suatu analisis untuk mengukur perkembangan penelitian dengan menggunakan statistika (Royani & Idhani, 2018). Untuk mengumpulkan *database* tersebut digunakan aplikasi *publish or perish reference manager* sehingga proses pencarian artikel akan tersusun rapih dan akan terkoneksi dalam berbagai situs publikasi, diantaranya *google scholar*, *scopus*, *web of science*, dan *microsoft academic*. Untuk mempermudah pencarian, *publish or perish reference manager* ini menyediakan beberapa fitur pencarian seperti *authors*, *publication name*, *title words*, dan *keyword* untuk dapat menemukan *database* yang akurat. Pemetaan bibliometrik divisualisasikan dengan menggunakan aplikasi *VOSviewer*. *VOSviewer* ini digunakan bukan hanya untuk pemetaan bibliometrik tetapi juga untuk memetakan topik penelitian terbaru.

Telah banyak penelitian yang membahas mengenai analisis bibliometrik dalam penelitian kimia, diantaranya antara lain analisis bibliometrik *carbon nanotube* (Aldhafi, A., & Nandiyanto, A.B.D., 2021), *titanium dioxide nanoparticle* (Nugraha, E. R. & Nandiyanto, A. B.D., 2022), *nanocrystalline cellulose* (Maulidah, G. S., & Nandiyanto, A. B. D., 2021; Fauziah, A., & Nandiyanto, A. B. D., 2022), *chemical engineering* (Wirzal, M.D.H., & Putra, Z.A., 2022; Nandiyanto, A.B.D., et.al, 2021), dan *magnetite nanoparticle* (Nugraha, S. A., and Nandiyanto, A. B. D., 2022). Dari penelaian terdahulu dalam analisis bibliometrik lingkup penelitian kimia belum ada yang membahas mengenai analisis komputasional bibliometrik dengan topik penelitian nanopartikel silikon dioksida. Sehingga perlu dilakukan analisis komputasional bibliometrik nanopartikel silikon

dioksida ini untuk dapat melihat perkembangan penelitiannya. Penelitian ini dilakukan untuk menunjukkan bahwa penelitian nanopartikel silikon dioksida masih memiliki peluang yang cukup besar untuk dilakukan penelitian terbaru yang berkaitan dengan beberapa istilah yang masih jarang dilakukan dalam penelitian.

II. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah bibliometrik. *Database* penelitian didapatkan dengan menggunakan aplikasi *publish or perish reference manager* dengan *database google scholar*. Aplikasi *publish or perish reference manager* ini digunakan untuk mendapatkan tinjauan literatur dari kata kunci "*silicon dioxide nanoparticle*" dengan batasan tahun terbit 2012-2022. Data yang diperoleh dari aplikasi *publish or perish reference manager* kemudian dilakukan pengolahan data bibliometrik dengan menggunakan *microsoft office*. Artikel yang telah dikumpulkan dan disesuaikan dengan kriteria analisis penelitian kemudian di ekspor ke dalam dua jenis file: sistem informasi penelitian (.ris) dan format nilai yang dipisahkan (*.cvs). Setelah dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *microsoft office* dilanjutkan dengan menggunakan aplikasi *VOSviewer* untuk dilakukan analisis pemetaan bibliometrik untuk data publikasi mengenai nanopartikel silikon dioksida yang diperoleh. Hasil pemetaan akan menunjukkan istilah-istilah yang berkaitan dengan nanopartikel silikon dioksida yang kemudian akan terbagi ke dalam beberapa klaster. Setiap klaster yang ada akan dapat divisualisasikan untuk kemudian dapat dilakukan analisis mengenai pengembangan penelitian karena masih jarangnyanya dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pencarian Data Publikasi Analisis Bibliometrik Nanopartikel Silikon Dioksida

Berdasarkan *database* yang diperoleh dari *google scholar* menggunakan aplikasi *publish or perish reference manager* diperoleh sebanyak 996 artikel yang memenuhi kriteria penelitian. Data yang diperoleh dari *database* tersebut diantaranya nama penulis, judul, tahun, nama jurnal, penerbit, jumlah kutipan, link artikel, dan URL terkait. Tabel 1 menunjukkan contoh *database* publikasi mengenai

nanopartikel silikon dioksida. Sampel yang diambil sebanyak 22 artikel yang memiliki judul yang berkaitan dengan nanopartikel silikon dioksida. Jumlah sitasi dari artikel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak

55175, jumlah sitasi pertahun adalah 5517.50, jumlah sitasi per artikel adalah 55.18, rata-rata penulis dalam artikel 3.99, semua artikel memiliki h-index rata-rata adalah 106, dan g-index 186.

Tabel 1. Data Publikasi Nanopartikel Silikon Dioksida

No	Autors	Title	Year	Cites	Refs
1	IA Rahman, V Padavettan	Synthesis of silica nanoparticles by sol-gel: size-dependent properties, surface modification, and applications in silica-polymer nanocomposites—a review	2012	1011	Rahman, I. A., & Padavettan, V., 2012
2	MH Siddiqui, MH Al-Whaibi	Role of nano-SiO ₂ in germination of tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> seeds Mill.)	2014	477	Siddiqui, M. H., & Al-Whaibi, M. H., 2014
3	S Al-Anssari, A Barifceni, S Wang, L Maxim...	Wettability alteration of oil-wet carbonate by silica nanofluid	2016	335	Al-Anssari, S., <i>et al.</i> , 2016
4	D Baudouin, U Rodemerck, F Krumeich...	Particle size effect in the low temperature reforming of methane by carbon dioxide on silica-supported Ni nanoparticles	2013	223	Baudouin, D., <i>et al.</i> , 2013
5	KK Qian, RH Bogner	Application of mesoporous silicon dioxide and silicate in oral amorphous drug delivery systems	2012	217	Qian, K. K., & Bogner, R. H., 2012
6	A Roustaei, H Bagherzadeh	Experimental investigation of SiO ₂ nanoparticles on enhanced oil recovery of carbonate reservoirs	2015	194	Roustaei, A., & Bagherzadeh, H., 2015
7	C Guo, M Yang, LI Jing, J Wang, Y Yu, Y Li...	Amorphous silica nanoparticles trigger vascular endothelial cell injury through apoptosis and autophagy via reactive oxygen species-mediated MAPK/Bcl-2	2016	167	Guo, C., <i>et al.</i> , 2016
		...			

8	M Sayuti, OM Erh, AAD Sarhan, M Hamdi	Investigation on the morphology of the machined surface in end milling of aerospace AL6061-T6 for novel uses of SiO ₂ nanolubrication system	2014	165	Sayuti, M., <i>et al.</i> , 2014
9	S Sprenger	Epoxy resin composites with surface-modified silicon dioxide nanoparticles: A review	2013	160	Sprenger, S., 2013
10	IT Pineda, JW Lee, I Jung, YT Kang	CO ₂ absorption enhancement by methanol-based Al ₂ O ₃ and SiO ₂ nanofluids in a tray column absorber	2012	153	Pineda, I. T., <i>et al.</i> , 2012
11	R Ranjbarzadeh, A Moradikazerouni...	An experimental study on stability and thermal conductivity of water/silica nanofluid: Eco-friendly production of nanoparticles	2019	140	Ranjbarzadeh, R., <i>et al.</i> , 2019
12	M Sadeghi, MM Talakesh, B Ghalei...	Preparation, characterization and gas permeation properties of a polycaprolactone based polyurethane-silica nanocomposite membrane	2013	128	Sadeghi, M., <i>et al.</i> , 2013
13	MI Youssif, RM El-Maghraby, SM Saleh...	Silica nanofluid flooding for enhanced oil recovery in sandstone rocks	2018	126	Youssif, M. I., <i>et al.</i> , 2018
14	AAD Sarhan, M Sayuti, M Hamdi	Reduction of power and lubricant oil consumption in milling process using a new SiO ₂ nanolubrication system	2012	120	Sarhan, A. A., <i>et al.</i> , 2012
15	Y Devrim, H Devrim, I Eroglu	Polybenzimidazole/SiO ₂ hybrid membranes for high temperature proton exchange membrane fuel cells	2016	120	Devrim, Y., <i>et al.</i> , 2016
16	EC Peres, JC Slaviero, AM Cunha...	Microwave synthesis of silica nanoparticles and its application for methylene blue adsorption	2018	110	Peres, E. C., <i>et al.</i> , 2018
17	N Yekeen, MA Manan, AK Idris, AM Samin...	... investigation of minimization in surfactant adsorption and improvement in surfactant-foam stability in presence of silicon dioxide and aluminum oxide nanoparticles	2017	107	Yekeen, N., <i>et al.</i> , 2017

18	MI Khan, F Alzahrani	Free convection and radiation effects in nanofluid (Silicon dioxide and Molybdenum disulfide) with second order velocity slip, entropy generation, Darcy-Forchheimer ...	2021	106	Khan, M. I., & Alzahrani, F., 2021
19	ML Verma, CJ Barrow, JF Kennedy, M Puri	Immobilization of β -d-galactosidase from <i>Kluyveromyces lactis</i> on functionalized silicon dioxide nanoparticles: characterization and lactose hydrolysis	2012	102	Verma, M. L., <i>et al.</i> , 2012
20	R Azimi, MJ Borzelabad, H Feizi...	Interaction of SiO ₂ nanoparticles with seed prechilling on germination and early seedling growth of tall wheatgrass (<i>Agropyron elongatum</i> L.)	2014	101	Azimi, R., <i>et al.</i> , 2014
21	JW Yun, SH Kim, JR You, WH Kim...	Comparative toxicity of silicon dioxide, silver and iron oxide nanoparticles after repeated oral administration to rats	2015	97	Yun, J. W., <i>et al.</i> , 2015
22	N Delpuech, D Mazouzi, N Dupre...	Critical role of silicon nanoparticles surface on lithium cell electrochemical performance analyzed by FTIR, Raman, EELS, XPS, NMR, and BDS spectroscopies	2014	97	Delpuech, N., <i>et al.</i> , 2014

B. Pengembangan Penelitian Mengenai Nanopartikel Silikon Dioksida

Tabel 2 menunjukkan data mengenai perkembangan penelitian nanopartikel silikon dioksida yang dipublikasi dalam jurnal terindeks *google scholar*. Dipilih *google scholar* karena menyediakan *database* publikasi dengan pencarian jurnal-jurnal baik jurnal nasional maupun internasional dan pada *database google scholar* seluruh bidang ilmu dan referensi dapat di unduh secara gratis. Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 2 terlihat bahwa terdapat sebanyak 996 artikel mengenai nanopartikel silikon dioksida dari tahun 2012-2022. Dari tabel data perkembangan penelitian nanopartikel silikon dioksida terlihat bahwa pada tahun 2012 ada 90 artikel, tahun 2013 ada 72 artikel, tahun 2014 ada 90 artikel, tahun 2015 ada 111 artikel, tahun 2016 ada 77 artikel, tahun 2017 ada 97 artikel, tahun 2018 ada 113 artikel, tahun 2019 ada 106 artikel, tahun 2020 ada 116 artikel, tahun 2021 ada 77 artikel, dan tahun 2022 ada 47 artikel. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa pada 2 tahun terakhir yaitu di tahun 2021 dan 2022

penelitian mengenai nanopartikel silikon dioksida mulai berkurang, penelitian sangat sering dilakukan di tahun 2015, 2018 hingga 2020.

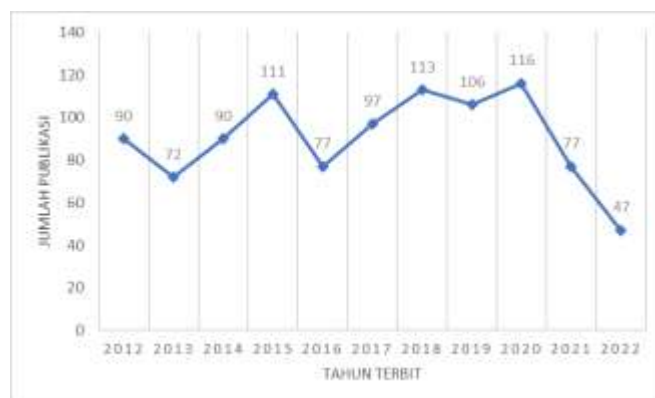
Penaikan dan penurunan penelitian nanopartikel silikon dioksida juga dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 perkembangan penelitian nanopartikel silikon dioksida dari tahun 2012-2022 mengalami kenaikan dan penurunan. Pada tahun 2012 terdapat sebanyak 90 publikasi yang kemudian mengalami penurunan di tahun 2013 menjadi hanya 72 publikasi. Pada tahun 2014 dan 2015 jumlah publikasi kembali meningkat dari 90 publikasi pada tahun 2014 menjadi 111 publikasi pada 2015. Penurunan terjadi cukup signifikan pada tahun 2016 dengan hanya 77 publikasi dan kembali naik menjadi 97 publikasi pada tahun 2017. Pada tahun 2018 kembali mengalami kenaikan jumlah publikasi yaitu menjadi 113 dan turun kembali pada tahun 2019 menjadi 106 publikasi. Tahun 2020 menjadi tahun publikasi terbanyak mengenai nanopartikel silikon dioksida yaitu sebanyak 116 publikasi. Dan pada 2 tahun terakhir yaitu

tahun 2021 dan 2022 penelitian mengenai nanopartikel silikon dioksida menjadi lebih

sedikit dengan hanya terdapat 77 publikasi pada tahun 2021 dan 47 publikasi pada tahun 2022.

Tabel 2. Perkembangan Penelitian Nanopartikel Silikon Dioksida

Tahun Terbit	Jumlah Publikasi
2012	90
2013	72
2014	90
2015	111
2016	77
2017	97
2018	113
2019	106
2020	116
2021	77
2022	47
Total	996
Rata-rata	90,55



Gambar 1. Tingkat Perkembangan Penelitian Nanopartikel Silikon Dioksida

C. Visualisasi Area Topik Nanopartikel Silikon Dioksida Menggunakan VOSviewer

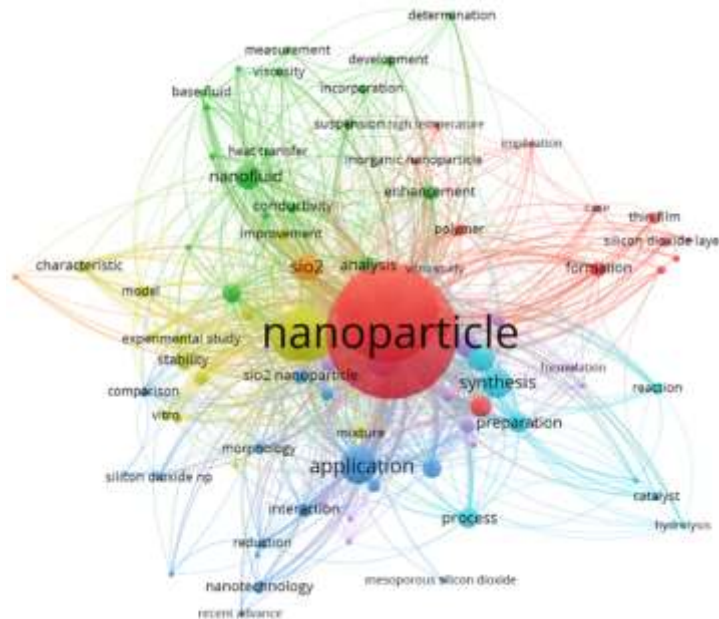
Dilakukan pemetaan komputasi bibliometrik pada data artikel yang telah diperoleh dari aplikasi *publish or perish reference manager* menggunakan *VOSviewer*. Hasil data pemetaan komputasi yang ditemukan sebanyak 91 istilah yang berkaitan dengan penelitian nanopartikel silikon dioksida, dimana 91 item tersebut terbagi menjadi 7 klaster yang ditunjukkan pada Gambar 2, klaster- klaster tersebut sebagai berikut: klaster 1 memiliki 18 istilah ditandai dengan warna merah, 18 istilah tersebut adalah *case, composite, dispersion, formation, hight*

temperature, implication, inorganic nanoparticle, magnetic nanoparticle, magnetic property, nanoparticle, particle, polymer, silicon dioxide, silicon dioxide film, silicon dioxide layer, structure, surface, thin film. Klaster 2 memiliki 18 istilah ditandai dengan warna hijau, 18 istilah tersebut adalah *analysis, base fluid, concentration, conductivity, determination, development, enhancement, heat transfer, hybrid nanofluid, hybrid nanoparticle, incorporation, measurement, mechanical property, nanofluid, suspension, thermal conductivity, thermophysical property, viscosity.* Klaster 3 memiliki 16 istilah ditandai

dengan warna biru, 16 istilah tersebut adalah *amount, application, comparison, interaction, mesoporous silicon dioxide, morphology, potential application, nanocomposite, nanotechnology, recent advance, reduction, silicon dioxide np, SiO₂ nanoparticle, treatment, visible light, wettability alteration*. Klaster 4 memiliki 15 istilah ditandai dengan warna kuning, 15 istilah tersebut adalah *adsorption, binder, characteristic, effect, experimental study, improvement, mixture, model, nano, nano silicon dioxide, production, silicon dioxide nanoparticle, stability, surfactant, vitro*. Klaster 5 memiliki 14 istilah ditandai dengan warna ungu, 14 istilah tersebut adalah *amorphous silicon dioxide, colloidal silicon dioxide, formulation, function, grown silicon dioxide, mechanism, mesoporous silicon nanoparticle, nanomaterial, optical property, particle size, silica, silica nanoparticle, thermal stability, vitro study*. Klaster 6 memiliki 8 istilah ditandai dengan warna biru langit, 8 istilah tersebut adalah *catalyst,*

characterization, hydrolysis, precursor, preparation, process, reaction, synthesis dan klaster 7 memiliki 2 istilah ditandai dengan warna oren, 2 istilah tersebut adalah *nanofiller, SiO₂*.

Gambar 2 menunjukkan bahwa setiap lingkaran mewakili sebuah istilah yang sering muncul dalam penelitian nanopartikel silikon dioksida. Besar atau kecilnya lingkaran menunjukkan jumlah publikasi yang berkaitan dengan istilah tersebut, baik dalam abstrak maupun judul artikel. Semakin besar ukuran lingkarannya maka semakin besar juga jumlah artikel yang memiliki relevansi dengan istilah tersebut. Begitu juga ukuran lingkaran yang kecil yang menandakan bahwa istilah tersebut memiliki hubungan yang kurang kuat dengan topik nanopartikel silikon dioksida. Bulatan-bulatan kecil tersebut menunjukkan masih belum banyaknya riset yang dilakukan dan berpeluang untuk dilakukan riset terbarukan.



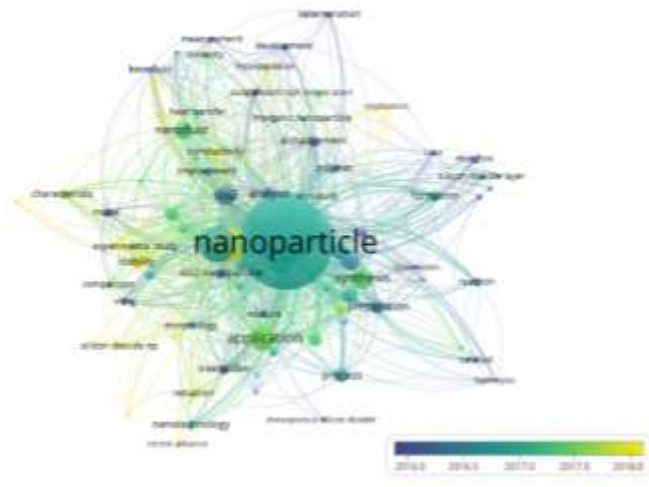
Gambar 2. Visualisasi Network Hasil Pemetaan Topik Penelitian Nanopartikel Silikon Dioksida Menggunakan *VOSviewer*

Setelah identifikasi pemetaan dan pengklasteran riset, selanjutnya dilakukan pemetaan mengenai tren riset berdasarkan tahun terbit artikel. Informasi ini dapat diperoleh dari hasil visualisasi overlay dengan aplikasi *VOSviewer* yang ditunjukkan pada

Gambar 3. Pada visualisasi ini, warna pada setiap bulatan mengidentifikasi tahun terbitnya. Semakin gelap warna yang ada pada bulatan maka semakin lama topik tersebut dibahas dalam riset. Warna kuning menandakan bahwa topik-topik tersebut sudah banyak diteliti. Sedangkan warna hijau menunjukkan bahwa topik-topik tersebut belum banyak diteliti

sehingga dapat dilakukan pengembangan atau pembaharuan penelitian mengenai topik-topik

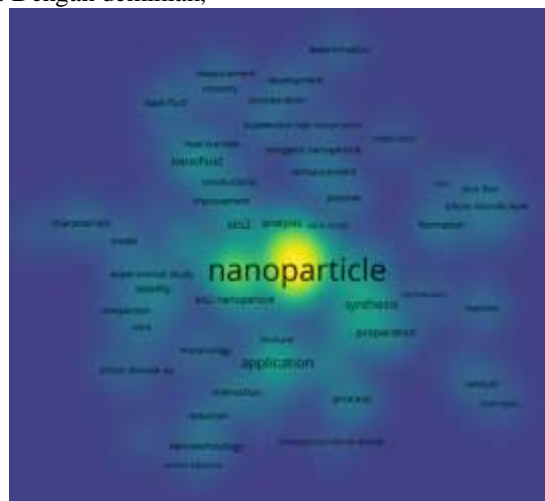
yang ada pada warna hijau.



Gambar 3. Visualisasi Overlay Hasil Pemetaan Topik Penelitian Nanopartikel Silikon Dioksida Menggunakan VOSviewer

Visualisasi density pada Gambar 4 menunjukkan banyak atau sedikitnya riset yang telah dilakukan. Dimana semakin terang warnanya maka semakin banyak risetnya dan riset yang sangat sedikit ditandai dengan warna yang tidak menyala. Dengan demikian,

maka terbuka peluang untuk riset terbaru diantaranya yaitu *mesoporous silicon dioxide*, *recent advance*, *formulation*, *case*, *implication*, dan *determination* yang masih sangat jarang diteliti.



Gambar 4. Visualisasi Density Hasil Pemetaan Topik Penelitian Nanopartikel Silikon Dioksida Menggunakan VOSviewer

IV. KESIMPULAN

Analisis komputasional bibliometrik nanopartikel silikon dioksida ini bertujuan untuk dapat mengetahui perkembangan terkait riset nanopartikel silikon dioksida dan dapat mengetahui keterbaruan apa saja yang dapat dikembangkan penelitian terkait nanopartikel silikon dioksida. Ada dua aplikasi yang digunakan dalam analisis ini yaitu *publish or perish reference manager* dan *VOSviewer*. Artikel yang diperoleh sebanyak 996 artikel pada rentang waktu 2012-2022, ketika dilakukan pemetaan menggunakan *VOSviewer* didapat sebanyak 91 istilah yang relevan dengan topik nanopartikel silikon dioksida yang kemudian terbagi kedalam 7 klaster. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penelitian nanopartikel silikon dioksida masih memiliki peluang yang cukup besar untuk dilakukan penelitian terbaru yang terkait dengan istilah yang masih jarang dilakukan penelitian seperti *mesoporous silicon dioxide*, *recent advance*, *formulation*, *case*, *implication*, dan *determination*.

REFERENSI

- Al-Ansari, S., Barifcani, A., Wang, S., Maxim, L., & Iglauer, S. (2016). Wettability alteration of oil-wet carbonate by silica nanofluid. *Journal of colloid and interface science*, 461, 435-442.
- Aldhafi, A., & Nandiyanto, A.B.D. (2021). A Bibliometric Analysis of Carbon Nanotubes Synthesis Research Using Vosviewer. *International Journal of Research and Applied Technology (INJURATECH)*, 1(2), 76-81.
- Azimi, R., Borzelabad, M. J., Feizi, H., & Azimi, A. (2014). Interaction of SiO₂ nanoparticles with seed prechilling on germination and early seedling growth of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* L.). *Polish Journal of Chemical Technology*, 16(3).
- Baudouin, D., Rodemerck, U., Krumeich, F., De Mallmann, A., Szeto, K. C., Ménard, H., ... & Copéret, C. (2013). Particle size effect in the low temperature reforming of methane by carbon dioxide on silica-supported Ni nanoparticles. *Journal of catalysis*, 297, 27-34.
- Delpuech, N., Mazouzi, D., Dupre, N., Moreau, P., Cerbelaud, M., Bridel, J. S., ... & Humbert, B. (2014). Critical role of silicon nanoparticles surface on lithium cell electrochemical performance analyzed by FTIR, Raman, EELS, XPS, NMR, and BDS spectroscopies. *The Journal of Physical Chemistry C*, 118(31), 17318-17331.
- Devrim, Y., Devrim, H., & Eroglu, I. (2016). Polybenzimidazole/SiO₂ hybrid membranes for high temperature proton exchange membrane fuel cells. *international journal of hydrogen energy*, 41(23), 10044-10052.
- Fauziah, A., and Nandiyanto, A. B. D. (2022). A Bibliometric Analysis of Nanocrystalline Cellulose Production Research as Drug Delivery System Using VOSviewer. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research*, 2(2), 333-338.
- Guo, C., Yang, M., Jing, L. I., Wang, J., Yu, Y., Li, Y., ... & Sun, Z. (2016). Amorphous silica nanoparticles trigger vascular endothelial cell injury through apoptosis and autophagy via reactive oxygen species-mediated MAPK/Bcl-2 and PI3K/Akt/mTOR signaling. *International journal of nanomedicine*, 11, 5257.
- Khan, M. I., & Alzahrani, F. (2021). Free convection and radiation effects in nanofluid (Silicon dioxide and Molybdenum disulfide) with second order velocity slip, entropy generation, Darcy-Forchheimer porous medium. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(1), 1362-1369.
- Maulidah, G. S., & Nandiyanto, A. B. D. (2021). A Bibliometric Analysis of Nanocrystalline Cellulose Synthesis for Packaging Application Research Using VOSviewer. *International Journal of Research and Applied Technology (INJURATECH)*, 1(2), 106-110.
- Nugraha, S. A., and Nandiyanto, A. B. D. (2022). Bibliometric Analysis of Magnetite Nanoparticle Production Research During 2017-2021 Using Vosviewer. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research*, 2(2), 327-332.
- Nugraha, E. R. & Nandiyanto, A. B.D. (2022). Bibliometric Analysis Of Titanium Dioxide Nanoparticle Synthesis Research For Photocatalysis Using Vosviewer. *Open Soil Science and Environment*. Vol 1 (1): 8 – 14.
- Nandiyanto, A.B.D., Al Husaeni, D.N., 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.
- Peres, E. C., Slaviero, J. C., Cunha, A. M., Hosseini-Bandegharai, A., & Dotto, G. L. (2018). Microwave synthesis of silica nanoparticles and its application for methylene blue adsorption. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(1), 649-659.
- Pineda, I. T., Lee, J. W., Jung, I., & Kang, Y. T. (2012). CO₂ absorption enhancement by methanol-based Al₂O₃ and SiO₂ nanofluids in a tray column absorber. *International journal of refrigeration*, 35(5), 1402-1409.

- Rahman, I. A., & Padavettan, V. (2012). Synthesis of silica nanoparticles by sol-gel: size-dependent properties, surface modification, and applications in silica-polymer nanocomposites—a review. *Journal of Nanomaterials*, 2012.
- Ranjbarzadeh, R., Moradikazerouni, A., Bakhtiari, R., Asadi, A., & Afrand, M. (2019). An experimental study on stability and thermal conductivity of water/silica nanofluid: Eco-friendly production of nanoparticles. *Journal of cleaner production*, 206, 1089-1100.
- Roustaei, A., & Bagherzadeh, H. (2015). Experimental investigation of SiO₂ nanoparticles on enhanced oil recovery of carbonate reservoirs. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 5(1), 27-33.
- Royani, Y., & Idhani, D. (2018). Analisis Bibliometrik Jurnal Marine Research in Indonesia. *Media Pustakawan*, 25(4), 63–68.
- Sadeghi, M., Talakesh, M. M., Ghalei, B., & Shafiei, M. (2013). Preparation, characterization and gas permeation properties of a polycaprolactone based polyurethane-silica nanocomposite membrane. *Journal of Membrane Science*, 427, 21-29.
- Sarhan, A. A., Sayuti, M., & Hamdi, M. (2012). Reduction of power and lubricant oil consumption in milling process using a new SiO₂ nanolubrication system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 63(5), 505-512.
- Sayuti, M., Erh, O. M., Sarhan, A. A., & Hamdi, M. (2014). Investigation on the morphology of the machined surface in end milling of aerospace AL6061-T6 for novel uses of SiO₂ nanolubrication system. *Journal of cleaner production*, 66, 655-663.
- Siddiqui, M. H., & Al-Wahaibi, M. H. (2014). Role of nano-SiO₂ in germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* seeds Mill.). *Saudi journal of biological sciences*, 21(1), 13-17.
- Sprenger, S. (2013). Epoxy resin composites with surface-modified silicon dioxide nanoparticles: A review. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(3), 1421-1428.
- Qian, K. K., & Bogner, R. H. (2012). Application of mesoporous silicon dioxide and silicate in oral amorphous drug delivery systems. *Journal of pharmaceutical sciences*, 101(2), 444-463.
- Verma, M. L., Barrow, C. J., Kennedy, J. F., & Puri, M. (2012). Immobilization of β -d-galactosidase from *Kluyveromyces lactis* on functionalized silicon dioxide nanoparticles: characterization and lactose hydrolysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 50(2), 432-437.
- Wirzal, M.D.H., & Putra, Z.A. (2022). What is the correlation between chemical engineering and special needs education from the perspective of bibliometric analysis using vosviewer indexed by google scholar? *Indonesian Journal of Community and Special Needs Education*, 2(2), 103-110.
- Yekeen, N., Manan, M. A., Idris, A. K., Samin, A. M., & Risal, A. R. (2017). Experimental investigation of minimization in surfactant adsorption and improvement in surfactant-foam stability in presence of silicon dioxide and aluminum oxide nanoparticles. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 159, 115-134.
- Youssif, M. I., El-Maghraby, R. M., Saleh, S. M., & Elgibaly, A. (2018). Silica nanofluid flooding for enhanced oil recovery in sandstone rocks. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(1), 105-110.
- Yun, J. W., Kim, S. H., You, J. R., Kim, W. H., Jang, J. J., Min, S. K., ... & Che, J. H. (2015). Comparative toxicity of silicon dioxide, silver and iron oxide nanoparticles after repeated oral administration to rats. *Journal of Applied Toxicology*, 35(6), 681-693.