

ANALISIS BIBLIOMETRI APLIKASI PRAKTIS NANOPARTIKEL TIN(IV) OXIDE (SnO₂) MENGGUNAKAN VOSVIEWER INDEXED BY GOOGLE

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF PRACTICAL APPLICATION TIN (IV) OXIDE (SnO₂) NANOPARTICLES USING VOSVIEWER INDEXED BY GOOGLE

Ghea Dinda Nugraha^{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: gheadinda@upi.edu

Abstrak - Penelitian ini bertujuan menganalisis bibliometrik dari database Google Scholar yang dilakukan untuk mengidentifikasi perkembangan penelitian terkait aplikasi praktis nanopartikel timah (IV) oksida (SnO₂) menggunakan VOSviewer. Data diperoleh melalui pencarian di *software Publish or Perish* dengan memasukkan kata kunci "*application, nanoparticle, SnO₂, SnO₂ nanoparticle, practical application SnO₂*" yang mana kata ini disesuaikan dengan kriteria judul, kata kunci, dan abstrak. Artikel yang berkaitan dengan aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ dikumpulkan 1000 artikel dari tahun 2012 hingga 2022. Dari hasil penelusuran, ditemukan sebanyak 999 artikel yang relevan. Dalam penelitian ini, dapat dilihat bahwa jumlah artikel semakin meningkat tiap tahunnya dan puncaknya pada tahun 2020 ada 134 artikel mengenai topik ini. Kemudian dari hasil penelusuran, dilakukan pemetaan dan didapatkan 236 item. Setiap item yang ditemukan dibagi menjadi 8 cluster. Kebanyakan artikel membahas mengenai pengaplikasian nanopartikel SnO₂ dalam sensor gas, elektroda untuk lithium-ion baterai, sel surya berbasis pewarna, dan peningkatan aktivitas fotokatalitik. Tiap tahunnya penelitian terus mengalami pembaharuan dari berbagai campuran bahan yang digunakan untuk mendapatkan efektifitas terbaik. Namun, penelitian mengenai SnO₂ dalam aplikasi bidang medis masih jarang dilakukan. Hal ini bisa menjadi referensi bagi peneliti lain untuk melakukan dan memilih topik penelitian terkait yang belum banyak dibahas.

Kata Kunci: Bibliometrik, nanopartikel SnO₂, aplikasi praktis, analisis, VOSviewer

Abstract - This study aims to analyze bibliometrics from the Google Scholar database which was carried out to identify research developments related to the practical application of tin (IV) oxide (SnO₂) nanoparticles using VOSviewer. The data was obtained through a search in the Publish or Perish software by entering the keywords "application, nanoparticle, SnO₂, SnO₂ nanoparticle, SnO₂ practical application" where these words were adjusted to the criteria of title, keyword, and abstract. 1000 articles related to the practical application of SnO₂ nanoparticles were collected from 2012 to 2022. From the search results, 999 relevant articles were found. In this study, it can be seen that the number of articles is increasing every year and peaking in 2020 there are 134 articles on this topic. Then from the search results, mapping was carried out and obtained 236 items. Each item found is divided into 8 clusters. Most articles discuss the application of SnO₂ nanoparticles in gas sensors, electrodes for lithium-ion batteries, dye-based solar cells, and enhancement of photocatalytic activity. Every year, research continues to experience renewal of various mixtures of ingredients used to get the best effectiveness. However, research on SnO₂ in medical applications is still rarely done. This can be a reference for other researchers to conduct and choose related research topics that have not been widely discussed.

KEYWORDS: Bibliometrics, SnO₂ nanoparticles, practical application, analysis, VOSviewer

I. PENDAHULUAN

Nanomaterial dapat memainkan peran besar dalam penelitian generasi baru, terutama pada bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (Glotzer, S. C. et al., 2017). Bahan tersebut memiliki dampak besar pada ekonomi global, yang didukung oleh peningkatan jumlah penelitian dan mengungkapkan penggunaan bahan nano biodegradable, biokompatibel dan difungsikan. Nanomaterials termasuk bahan satu dimensi yang memiliki kisaran ukuran 1-100 nm. Rasio luas permukaan terhadap volume yang sangat besar dan ukuran yang sangat kecil dari bahan-bahan ini dapat menghasilkan aktivitas listrik, optik, magnetik, katalitik, dan antimikroba yang benar-benar baru atau ditingkatkan dibandingkan dengan bahan curahnya (Charinpanitkul, T. et al., 2008; Rad, A. G. et al., 2011; Das Purkayastha, M., & Manhar, A., 2016). Karena sifat unik tersebut, nanopartikel menemukan aplikasi di berbagai bidang ilmu pengetahuan dan teknik modern (Ahmed, S. et al., 2017; Bagheri, S., & Julkapli, N. M., 2016).

Oksida timah termasuk salah satu jenis nanopartikel terpenting (Ge, J. P. et al., 2006) karena tingkat transparansinya yang tinggi dalam spektrum yang terlihat, interaksi fisik dan kimia yang kuat dengan spesies teradsorpsi, suhu operasi rendah dan stabilitas termal yang kuat di udara (hingga 500 °C) (Adnan, R. et al., 2010). Timah memiliki dua keadaan oksidasi +2 dan +4, oleh karena itu dua jenis oksida dimungkinkan: stannous oksida (SnO – romarchite) dan stannic oxide (SnO₂ – cassiterite) (Tazikeh, S. et al., 2014), dimana Timah (IV) oksida (SnO₂) lebih stabil daripada SnO. SnO₂ adalah semikonduktor tipe-n dengan celah pita langsung lebar dengan band gap lebar (3,6 eV pada 300 K) (Kim, T. W. et al., 2010)

Timah (IV) oksida telah mendapatkan perhatian besar karena mereka aplikasi serbaguna seperti perangkat optoelektronik (He, J. H. et al., 2006), sensor gas solid-state (Wang, Y. et al., 2003), elektroda untuk lithium-ion baterai (He, Z. Q. et al., 2005), tampilan emisi feld (Li, L. et al., 2007), pemancar cahaya, dioda (Wang, Y., & Chen, T., 2009), katalisis (Carreño NL., 2004), sel surya berbasis pewarna (Snaith, H. J., & Ducati, C., 2010), kedokteran (Sudhparimala, S. et al., 2014), sensor foto dan pelapis antistatik (Zhao, Q. et al., 2015). Baru baru ini, aplikasi biologis dan obat-obatan telah dilaporkan untuk SnO₂, yang memberikan nilai tambah baru untuk senyawa tersebut. Triligio et al. (2012) melaporkan aktivitas anti virus SnO₂, sementara nano kristal SnO₂ terdeteksi dalam formulasi herbal berbasis timah

yang digunakan untuk pengobatan berbagai penyakit kronis. (Parimala, S. S. et al., 2012; Sudhparimala, S. et al., 2012). Nanopartikel SnO₂ juga telah digunakan untuk antioksidan dan potensi antibakteri. Beberapa pendekatan kimia dan fisik telah dikembangkan oleh peneliti untuk mensintesis nanopartikel SnO₂, termasuk hidrotermal, kopresipitasi, sol-gel, deposisi uap kimia, karbotermal, dan proses solvotermal (Aziz, M. et al., 2013; Kurniawan, F., & Rahmi, R., 2017; Leite, E. R. et al., 2002; Masuda, Y. et al., 2010).

Berdasarkan uraian tersebut, diketahui bahwa nanopartikel dapat disintesis melalui berbagai metode dan memiliki berbagai keunggulan aplikasi yang menjanjikan. Sehingga analisis tren pada penelitian di bidang ini akan sangat membantu dalam pengembangan penelitian terkait aplikasi praktis nanopartikel SnO₂. Untuk mengungkap kecenderungan penelitian secara umum dalam aplikasi praktis nanopartikel SnO₂, dilakukan analisis pemetaan bibliometrik.

Bibliometrik adalah indikator yang dapat memetakan keadaan dan perkembangan bidang pengetahuan ilmiah yang muncul berdasarkan statistik dan matematika (Fraigi, L. et al., 1999; Peña, J. et al., 2003; Davazoglou, D., 1997). Bibliometrik mempunyai peranan untuk mengevaluasi hasil penelitian ilmiah; mengkaji interaksi antara ilmu pengetahuan dan teknologi; menghasilkan pemetaan bidang ilmu; melacak/menelusuri perkembangan pengetahuan baru dalam bidang tertentu; serta merupakan indikator di masa depan dalam memberikan keuntungan yang lebih kompetitif dan dalam membuat rencana strategis. Indikator bibliometrik dihitung dalam periode waktu tertentu dan umumnya menggunakan dua pendekatan, yaitu jumlah publikasi, indikator yang mengukur produktivitas; dan jumlah kutipan, indikator yang mengukur dampak dari artikel yang dihasilkan (Arici, F. et al., 2019).

Software gratis yang tersedia untuk analisis bibliometrik adalah VOSviewer yang mana mudah digunakan dan cukup populer (Yilmaz, R. M. et al., 2022; Liao, H. et al., 2018; Bozeman, B., & Melkers, J., 1993; Devos, P., 2011). Visualisasi dari berbagai informasi perkembangan bidang ilmu pengetahuan dapat tersaji. Vosviewer juga dapat memetakan berbagai jenis analisis bibliometrik, mendukung beberapa basis data bibliografi utama, dan dapat menganalisis data besar menggunakan teknik tata letak dan *cluster* (Garfield, E., 1972; Donnally III et al., 2019; Malik, A. T. et al., 2018; Orduña-Malea, E., & Costas, R., 2021; Maulidah, G. S., & Nandiyanto, A. B. D., 2021).

Dalam penelitian ini, dianalisis tren perkembangan aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ pada periode 2012 hingga 2022. Analisis bibliometrik dilakukan dengan menggunakan *software* VOSviewer pada data yang telah dikumpulkan dengan Publish or Perish. Penelitian ini diharapkan dapat membantu dan menjadi referensi bagi peneliti lain sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan tema penelitian yang akan diambil.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan data artikel publikasi yang telah dipublikasikan di jurnal terindeks Google Scholar. Alasan menggunakan Google Scholar karena situs ini dapat diakses secara gratis, berbeda dengan Scopus yang tidak bisa diakses secara bebas (berbayar).

Pada penelitian ini, setiap artikel yang disaring hanya artikel yang berkaitan dengan aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ yang dikumpulkan 1000 artikel dari 2012-2022. Data diperoleh melalui pencarian di *software* Publish or Perish dengan kata kunci "*application, nanoparticle, SnO₂, SnO₂ nanoparticle, practical application SnO₂*" yang mana kata ini disesuaikan dengan kriteria judul, kata kunci, dan abstrak. Data yang telah diperoleh diekspor dalam format *research information systems* (.ris) dan format *comma separated value* (.csv). Penyimpanan file dalam bentuk .csv digunakan untuk mengolah metadata artikel yang terdiri dari nama penulis, judul, tahun, nama jurnal, penerbit, jumlah kutipan, link artikel, dan URL terkait menggunakan Microsoft Excel. File berbentuk .ris digunakan untuk melakukan pemetaan menggunakan VOSviewer, karena hanya file dalam bentuk ris yang bisa dibaca oleh VOSviewer. Selanjutnya, dilakukan analisis menggunakan VOSviewer untuk memvisualisasikan dan menganalisis peta bibliometrik.

VOSviewer dipilih untuk memvisualisasikan dan menganalisis tren dalam bentuk peta bibliometrik. Artikel pemetaan data dari database Publish or Perish disajikan di VOSviewer dengan tiga jenis pemetaan, yaitu network visualization, density visualization, and overlay visualization. Sebelum itu, dilakukan penyaringan kata kunci yang akan digunakan dalam pemetaan dengan VOSviewer.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perkembangan Penelitian Aplikasi Praktis Nanopartikel SnO₂

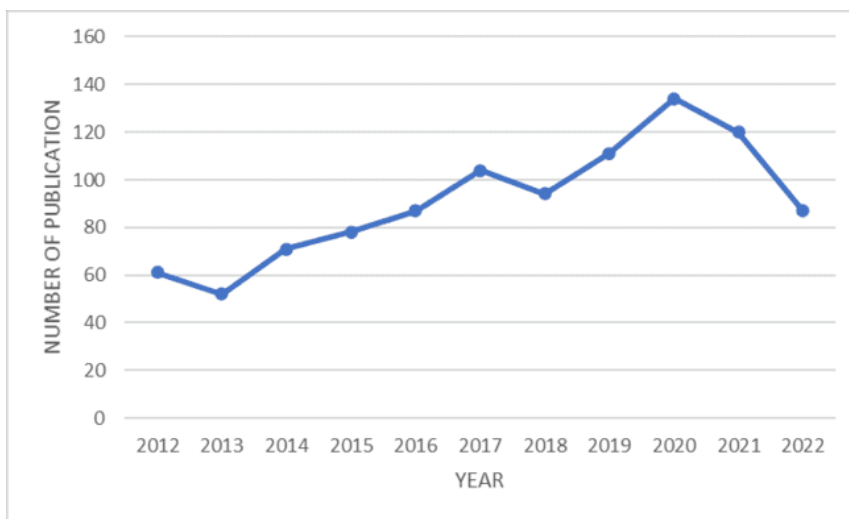
Hasil penelusuran data melalui *software* Publish or Perish yang mana diambil dari data Google Scholar dari tahun 2012-2022, ditemukan 999 artikel yang berkaitan dengan kata kunci "*application, nanoparticle, SnO₂, SnO₂ nanoparticle, practical application SnO₂*". Data yang diperoleh berupa metadata artikel yang terdiri dari nama penulis, judul, tahun, nama jurnal, penerbit, jumlah kutipan, link artikel, dan URL terkait. Penelitian mengenai topik ini mengalami peningkatan yang signifikan tiap tahunnya. Perkembangan penelitian tertinggi terjadi pada tahun 2020, mencapai 134 artikel dan terendah pada tahun 2013 yaitu 52 artikel. Selengkapnya mengenai tren perkembangan aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ dapat dilihat dalam tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa pada tahun 2012 terdapat 61 artikel. Tahun 2013 terdapat 52 artikel. Tahun 2014 terdapat 71 artikel. Tahun 2015 terdapat 78 artikel. Tahun 2016 terdapat 87 artikel, tahun 2017 terdapat 104 artikel, tahun 2018 terdapat 94 artikel, tahun 2019 terdapat 111 artikel, tahun 2020 terdapat 134 artikel, tahun 2021 terdapat 120 artikel, dan tahun 2022 terdapat 87 artikel. Data tersebut menunjukkan adanya tingkat peningkatan dan penurunan artikel tiap tahunnya sebagaimana divisualisasikan dalam grafik pada Gambar 1.

Tabel 1. Perkembangan penelitian aplikasi praktis nanopartikel SnO₂

<i>Year of Publication</i>	<i>Number of Publication</i>
2012	61
2013	52
2014	71
2015	78
2016	87
2017	104
2018	94

2019	111
2020	134
2021	120
2022	87
Total	999
Average	90.82



Gambar 1. Grafik perkembangan penelitian aplikasi praktis nanopartikel SnO₂

Gambar 1. menunjukkan grafik perkembangan penelitian aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ selama 10 tahun terakhir. Grafik tersebut menunjukkan bahwa penelitian mengenai aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ mengalami penurunan dan peningkatan. Hal ini dapat dilihat dari tahun 2012 yang semula terdapat 61 artikel menjadi 57 artikel pada tahun 2013. Tetapi kemudian terus mengalami peningkatan hingga 2017 dari semula sebanyak 57 artikel menjadi 104 artikel di tahun 2017, namun pada tahun 2018 mengalami penurunan menjadi 94 artikel. Pada tahun 2018 terus meningkat hingga puncaknya pada tahun 2020 terdapat 134 artikel mengenai topik ini, sebelum akhirnya mengalami penurunan lagi dalam 2 tahun terakhir yaitu pada tahun 2020 sebanyak 120 artikel dan 2022 sebanyak 87 artikel. Ini membuktikan bahwa penelitian mengenai aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ terus mengalami perkembangan dan masih menjadi topik yang menarik banyak peneliti sampai saat ini.

Dari total 999 artikel yang ditemukan 20 teratas yang paling banyak dikutip tercantum dalam Tabel

2. Dari Tabel 2. artikel yang paling banyak dirujuk adalah "*Low-temperature solution-processed tin oxide as an alternative electron transporting layer for efficient perovskite solar cells,*" ditulis oleh Ke, W. et al. pada tahun 2015. Kebanyakan artikel yang dikutip membahas mengenai pengaplikasian nanopartikel SnO₂ dalam sensor gas, elektroda untuk lithium-ion baterai, sel surya berbasis pewarna, dan peningkatan aktivitas fotokatalitik. Tiap tahunnya penelitian terus mengalami pembaharuan dari berbagai campuran bahan yang digunakan untuk mendapatkan efektifitas terbaik. Namun, penelitian mengenai SnO₂ yang disintesis dari tumbuhan dengan metode green syntesis dalam aplikasi bidang kedokteran sebagaimana diteliti oleh (Sudhaparimala, S. et al. pada tahun 2014) masih jarang dilakukan. Dikatakan bahwa SnO₂ memiliki aktivitas antibakteri, antivirus, dan antioksidan, yang mana pengaplikasian terhadap bidang medis masih belum ada perkembangan lebih lanjut.

Tabel 2. Artikel data dengan jumlah kutipan tertinggi dalam aplikasi nanopartikel SnO₂

<i>No</i>	<i>Citation Number</i>	<i>Title</i>	<i>Year</i>	<i>Author</i>
1.	967	<i>Low-temperature solution-processed tin oxide as an alternative electron transporting layer for efficient perovskite solar cells</i>	2015	Ke, W. et al.
2.	443	<i>SnO₂/reduced graphene oxide nanocomposite for the simultaneous electrochemical detection of cadmium (II), lead (II), copper (II), and mercury (II): an interesting favorable mutual interference</i>	2012	Wei, Y. et al.
3.	317	<i>Synthesis and characterization of a new starch/SnO₂ nanocomposite for efficient adsorption of toxic Hg²⁺ metal ion</i>	2016	Naushad, M. et al.
4.	268	<i>Tuning gas-sensing properties of reduced graphene oxide using tin oxide nanocrystals</i>	2012	Mao, S. et al.
5.	241	<i>Synergistic collaboration of g-C₃N₄/SnO₂ composites for enhanced visible-light photocatalytic activity</i>	2014	Zang, Y. et al.
6.	229	<i>The developments of SnO₂/graphene nanocomposites as anode materials for high performance lithium ion batteries: a review</i>	2016	Deng, Y. et al.
7.	225	<i>Efficacy of SnO₂ nanoparticles toward photocatalytic degradation of methylene blue dye</i>	2016	Elango, G., & Roopan, S. M.
8.	195	<i>Ordered mesoporous Ag-doped TiO₂/SnO₂ nanocomposite based highly sensitive and selective VOC sensors</i>	2016	omer, V. K., & Duhan, S.
9.	185	<i>Platinum-tin oxide core-shell catalysts for efficient electro-oxidation of ethanol</i>	2014	Du, W. et al.
10.	170	<i>Effects of annealing temperature of tin oxide electron selective layers on the performance of perovskite solar cells</i>	2015	Ke, W. et al.
11.	148	<i>Synergistic effect induced ultrafine SnO₂/graphene nanocomposite as an advanced lithium/sodium-ion batteries anode</i>	2017	Chen, W. et al.
12.	134	<i>Novel Mixed Phase SnO₂ Nanorods Assembled with SnO₂ Nanocrystals for Enhancing Gas-Sensing Performance toward Isopropanol Gas</i>	2014	Hu, D. et al.
13.	132	<i>Physical & enhanced photocatalytic properties of green synthesized SnO₂ nanoparticles via Aspalathus linearis</i>	2016	Diallo, A. et al.
14.	131	<i>Carbon-coated SnO₂ @C with hierarchically porous structures and graphite layers inside for a high-performance lithium-ion battery</i>	2012	Li, Y. et al.

15.	129	<i>A facile hydrazine-assisted hydrothermal method for the deposition of monodisperse SnO₂ nanoparticles onto graphene for lithium ion batteries</i>	2012	Park, S. et al.
16.	127	<i>Facile synthesis of SnO₂ nanoparticles dispersed nitrogen doped graphene anode material for ultrahigh capacity lithium ion battery applications</i>	2013	Vinayan, B. P., & Ramaprabhu, S.
17.	123	<i>Hybrid TiO₂- SnO₂ Nanotube Arrays for Dye-Sensitized Solar Cells</i>	2013	Desai, U. et al.
18.	114	<i>Fabrication of highly sensitive and selective H₂ gas sensor based on SnO₂ thin film sensitized with micro-sized Pd islands</i>	2016	Van Toan, N. et al.
19.	106	<i>A highly sensitivity and selectivity Pt-SnO₂ nanoparticles for sensing applications at extremely low level hydrogen gas detection</i>	2019	Yin, X. et al.
20.	91	<i>Recent advances in tin oxide nanomaterials as electrochemical/chemiresistive sensors</i>	2021	Sharma, A. et al.

B. Visualisasi Area Aplikasi Praktis Nanopartikel SnO₂ menggunakan VOSviewer

Dalam visualisasi analisis pemetaan, jumlah minimum hubungan antar term di VOSviewer ditetapkan sebanyak 2 term (Al Husaeni, D.F. & Nandiyanto, A.B.D., 2022). Hasil visualisasi VOSviewer menampilkan tiga peta bibliometrik yang berbeda, yaitu visualisasi jaringan, visualisasi overlay, dan visualisasi kepadatan. Dari hasil pemetaan didapatkan 236 item. Setiap item yang ditemukan dibagi menjadi 8 Cluster, yaitu:

- a) Cluster 1 ditandai dengan warna merah memiliki 43 item yaitu, *activity, adsorption, application, aqueous solution, biological application, biosynthesis, catalyst, catalytic activity, characterization, chemical, cost, crystallite size, dye, evaluation, green synthesis, hand, impact, industrial application, knowledge, metal oxide nanoparticle, microwave, nano, optical property, oxide nanoparticle, photocatalytic property, potential candidate, potential use, precipitation, precursor, promising candidate, removal, research, sno2 np, sno2 quantum dot, sol gel method, solid state, synthesis, technological application, tin oxide, tin oxide nanoparticle, use, water, xrd pattern*
- b) Cluster 2 ditandai dengan warna hijau memiliki

43 item yaitu, *agglomeration, aggregation, anode, au nanoparticle, battery candidate, carbon, carbon nanotube, cnts, commercial application, composite, development, electrical conductivity, electrochemical performance, electrochemical property, electrode, electrode material, energy storage application, facile synthesis, graphene oxide, high performance, high performance lithium ion battery, investigation, li ion battery, libs, lithium, lithium ion battery, nanoparticle, nanorod, nanosheet, performance, pot synthesis, practical application, pristine sno, rgo, sno, strategy, supercapacitor, supercapacitor application, synergistic effect, system, ultrafine sno, ultrafine sno nanoparticle.*

- c) Cluster 3 ditandai dengan warna biru memiliki 39 item yaitu, *addition, concentration, cuo, dye sensitized solar cell, enhancement, ethanol, fabrication, film, functionalization, further use, gas, gas sensing application, gas sensing property, gas sensor, gas sensor application, interest, low operating temperature, low temperature, metal nanoparticle, nanofiber, nanoparticle film, nanowire, pd nanoparticle, photoanode, process, pt nanoparticle, public use license, recent year, research use, researcher, review, route, sensing, sensing application, sensor, sno2 nanowire, surface thin film, view.*
- d) Cluster 4 ditandai dengan warna kuning

memiliki 34 item yaitu, *agent, amount, antibacterial activity, composition, copper, degradation, environmental application, incorporation, industry, large scale, light, limitation, low cost, methyl orange, methylene, methylene blue, nanocomposite, nanomaterial, novel, organic dye, photocatalyst, photocatalytic activity, photocatalytic application, photocatalytic degradation, photodegradation, production, pure sno, semiconductor, surfactant, tin, tio, visible light irradiation, website experience, widespread use.*

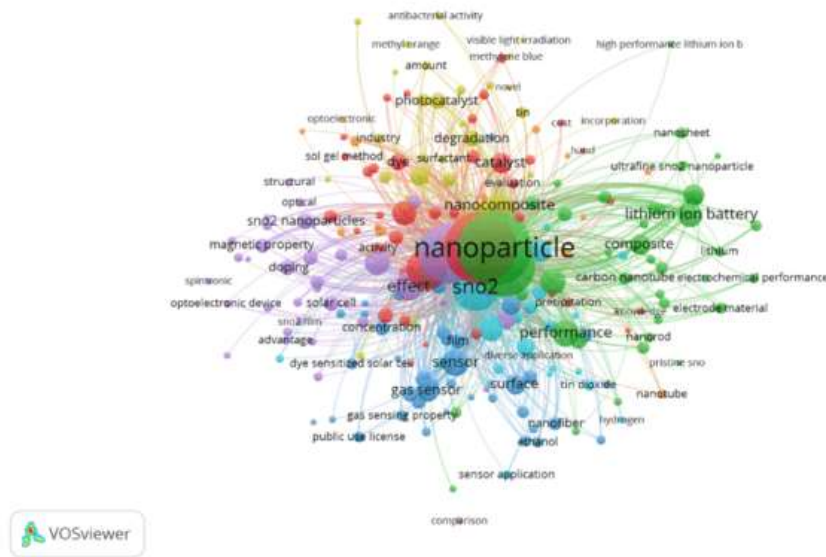
- e) Cluster 5 ditandai dengan warna ungu memiliki 34 item yaitu, *advantage, biomedical application, characteristic, co doped sno2 nanoparticle, co precipitation method, defect, dielectric property, doped sno2 nanoparticle, doping, effect, electrical property, magnetic property, optical, optoelectronic application, optoelectronic device, oxygen vacancy, particle, particle size, potential application, presence, present work, room temperature ferromagnetism, sno2 film, sno2 nanocrystal, sno2 nanoparticle, sno2 nanoparticles, solar cell, solgel method, spintronic, structural, technique, temperature, variety, work.*
- f) Cluster 6 ditandai dengan warna biru langit memiliki 29 item yaitu, *atalytic application, cuo nanoparticle, diverse application, electrochemical application, flower, formation, gas sensing, high temperature, hydrogen, hydrothermal method, hydrothermal synthesis, metal oxide, morphology, nanostructure,*

practical use, preparation, problem, promising application, room temperature, property, sensor application, size, sno2, sno2 nanostructure, solution, structure, synthesized nanoparticle, tin oxide, tin oxide nanoparticle.

- g) Cluster 7 ditandai dengan warna oranye memiliki 13 item yaitu, *catalysis, decomposition, field, large scale application, nanotube, optoelectronic, photocatalysis, photoluminescence, possibility, step synthesis, variation, visible light, wide application.*
- h) Cluster 8 ditandai dengan warna coklat memiliki 1 item yaitu, *comparison.*

C. Network Visualization dari Aplikasi Praktis Nanopartikel SnO₂

Network Visualization yang ditunjukkan oleh Gambar 2. menampilkan jaringan antara istilah yang divisualisasikan. Warna lingkaran yang berbeda beda menunjukkan setiap istilah. Besar kecilnya ukuran lingkaran terkait dengan berapa kali kata kunci muncul dalam judul dan abstrak (Nandiyanto, A.B.D., et al., 2021). Semakin sering kata kunci tersebut ditemukan, semakin besar ukuran lingkaran dan fontnya. Garis lengkung yang menghubungkan cluster mewakili keterkaitan antar item. Panjang garis lengkung menunjukkan hubungan antar cluster. Semakin kuat keterkaitan antar cluster, semakin pendek garisnya (Eck & Waltman, 2017). Hasil visualisasi didapatkan 8 cluster yang saling terikat.



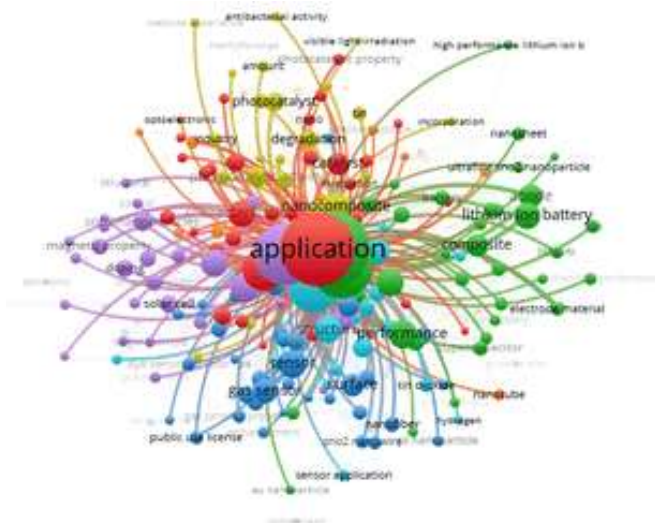
Gambar 2. Network visualization dari Aplikasi Praktis Nanopartikel SnO₂

Dari 8 cluster yang ada pada visualisasi jaringan dapat diketahui bahwa aplikasi praktis

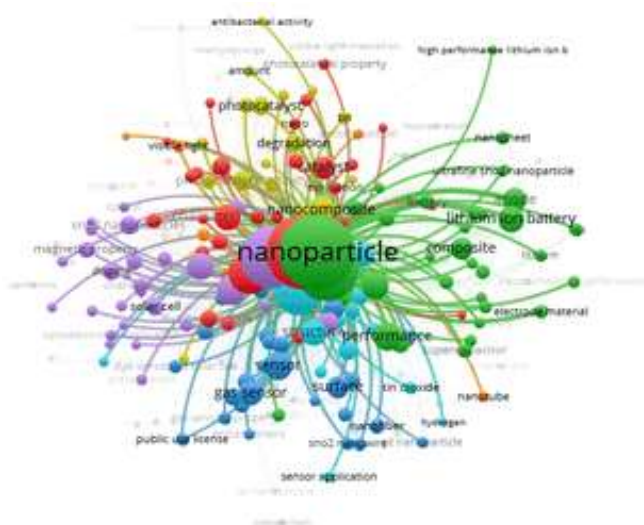
nanopartikel SnO₂ dapat dipisahkan menjadi 5 istilah. Istilah pertama yaitu *application* termasuk dalam *cluster 1* dengan total 235 link, 3487 total link *strength*, dan 577 *occurrences* (lihat Gambar 3). Istilah kedua *nanoparticle* termasuk dalam *cluster 2* dengan total 233 link, 3723 total link *strength*, dan 616 *occurrences* (lihat Gambar 4). Istilah ketiga SnO₂ termasuk ke dalam *cluster 6* dengan total 213 link, 1577 total link *strength*, dan 248 *occurrences* (lihat Gambar 5). Istilah keempat adalah *SnO₂ nanoparticle* termasuk dalam *cluster 5* dengan total 222 link, 2386 total link *strength*, dan 398 *occurrences* (lihat Gambar 6). Istilah terakhir adalah *practical application SnO₂* termasuk dalam *cluster 2* dengan total 139 link, 449 total link

strength, dan 71 *occurrences* (lihat Gambar 7).

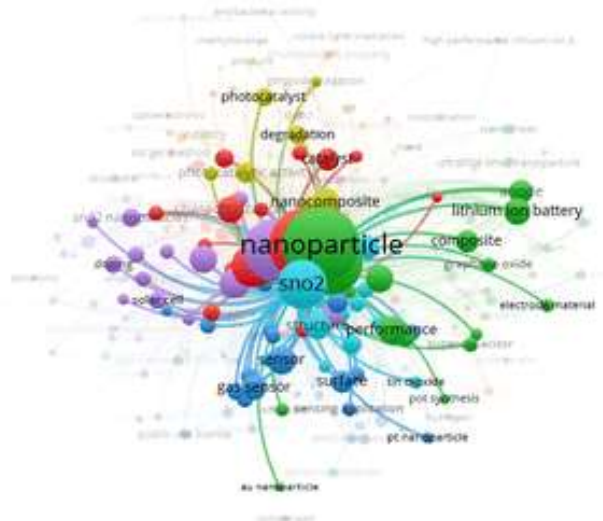
Dari data tersebut terlihat penelitian mengenai aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ masih sedikit dikaitkan dengan istilah lain. Dari hasil pemetaan, *practical application SnO₂* hanya memiliki 139 link. Berbeda dengan istilah *application*, *nanoparticle*, *SnO₂*, *SnO₂ nanoparticle*, yang cenderung memiliki tingkat relevansi yang tinggi dan sering dikaitkan dengan berbagai istilah. Dapat disimpulkan bahwa aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ masih sangat mungkin untuk diteliti dan dikaitkan dengan istilah lain, hal ini akan berdampak lebih tinggi terhadap kebaruan penelitian.



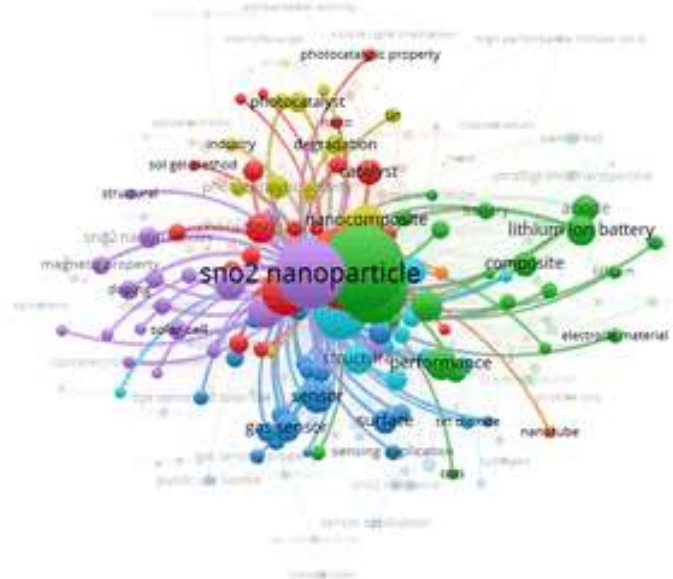
Gambar 3. Network visualization dari *application* term



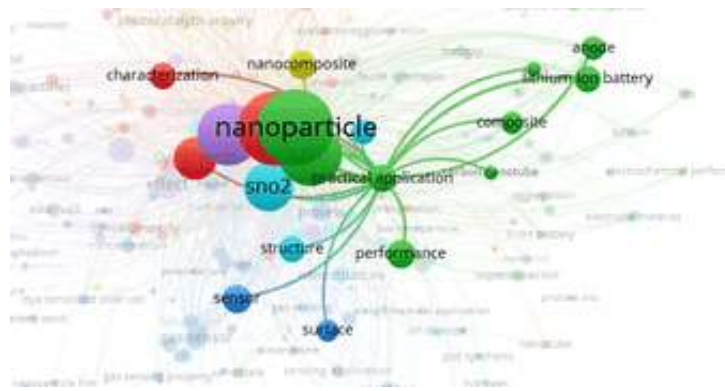
Gambar 4. Network visualization dari *nanoparticle* term



Gambar 5. Network visualization dari SnO₂ term



Gambar 6. Network visualization dari SnO₂ nanoparticle term

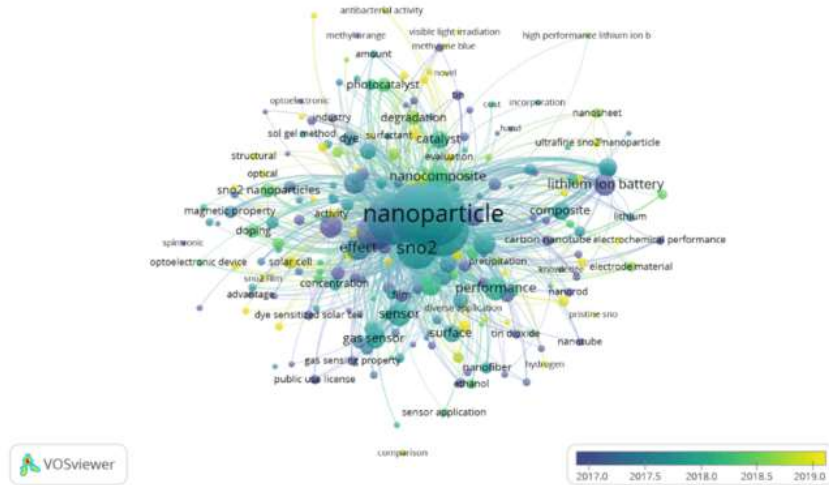


Gambar 7. Network visualization dari practical application SnO₂ term

D. Overlay Visualization dari Aplikasi Praktis Nanopartikel SnO₂

Visualisasi overlay digunakan dalam memvisualisasikan hubungan antar istilah yang dikategorikan dan berdasarkan waktu penelitian

dilakukan (Nugraha, A. S., 2022) ditunjukkan oleh Gambar 8.



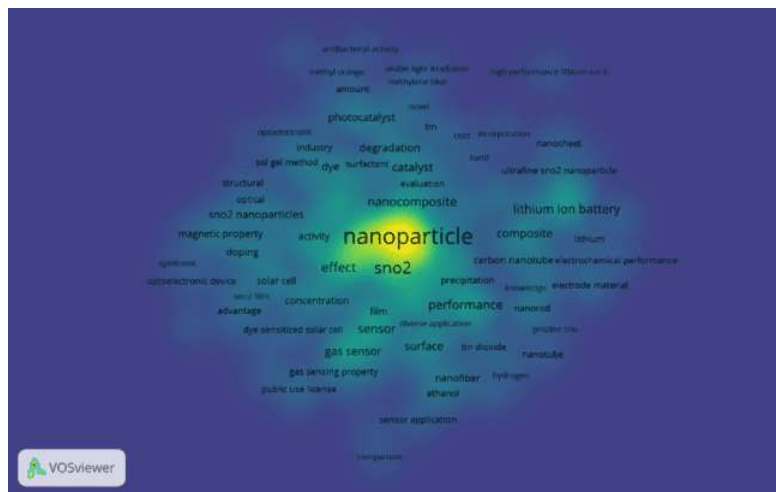
Gambar 8. Overlay visualization dari Aplikasi Praktis Nanopartikel SnO₂

Gambar 8. menunjukkan penelitian terkait aplikasi praktis SnO₂ pada rentang tahun 2016 hingga 2019. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa jumlah penelitian tentang topik aplikasi SnO₂ akhir-akhir ini meningkat yang ditunjukkan dengan warna terang.

semakin banyak penelitian yang dilakukan terhadap istilah yang dicari. Sebaliknya, jika warnanya memudar maka semakin sedikit jumlah penelitian yang dilakukan (Nugraha, A. S., 2022). Hasil visualisasi ini dapat digunakan untuk memutuskan apakah penelitian terbaru yang akan dilakukan. Gambar 9. menunjukkan bahwa penelitian mengenai nanoparticle, effect, dan SnO₂ telah banyak dilakukan. Sedangkan mengenai aplikasi masih jarang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa peluang penelitian mengenai aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ masih terbuka.

E. Density Visualization dari Aplikasi Praktis Nanopartikel SnO₂

Density visualization ditunjukkan pada Gambar 9, dimana apabila semakin terang warna kuning dan diameter lingkaran semakin besar maka



Gambar 9. Density visualization dari Aplikasi Praktis Nanopartikel SnO₂

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi bibliometrik aplikasi praktis nanopartikel SnO₂ dengan pemetaan menggunakan *software* VOSviewer dibantu Publish or Perish untuk mengumpulkan data. Kata kunci “*application, nanoparticle, SnO₂, SnO₂ nanoparticle, practical application SnO₂*” digunakan mencari artikel terkait dari database Google Scholar pada rentang tahun 2012 hingga 2022. Artikel relevan yang ditemukan sebanyak 999 artikel. Jumlah artikel semakin meningkat tiap tahunnya dan puncaknya pada tahun 2020 ada 134 artikel mengenai topik ini. Kemudian dari hasil penelusuran, dilakukan pemetaan dan didapatkan 236 item. yang dibagi menjadi 8 *Cluster*. Pengaplikasian nanopartikel SnO₂ dalam sensor gas, elektroda untuk lithium-ion baterai, sel surya berbasis pewarna, dan peningkatan aktivitas fotokatalitik telah banyak dibahas. Penelitian terus mengalami pembaharuan tiap tahunnya berdasarkan berbagai campuran bahan yang digunakan untuk mendapatkan efektifitas terbaik. Namun, penelitian mengenai SnO₂ dalam aplikasi bidang medis masih jarang dilakukan. Hal ini bisa menjadi referensi bagi peneliti lain untuk melakukan dan memikliah topik penelitian terkait.

REFERENSI

- Adnan, R., Razana, N. A., Rahman, I. A., & Farrukh, M. A. (2010). Synthesis and Characterization of High Surface Area Tin Oxide Nanoparticles via the Sol-Gel Method as a Catalyst for the Hydrogenation of Styrene. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 57(2), 222-229.
- Ahmed, S., Chaudhry, S. A., & Ikram, S. (2017). A review on biogenic synthesis of ZnO nanoparticles using plant extracts and microbes: a prospect towards green chemistry. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 166, 272-284.
- Al Husaeni, D.F., and Nandiyanto, A.B.D. (2022). Bibliometric using Vosviewer with Publish or Perish (using google scholar data): From step-by-step 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.
- Al Husaeni, D.F., and Nandiyanto, A.B.D. (2022). Bibliometric using Vosviewer with Publish or Perish (using google scholar data): From step-by-step 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.
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.
- Aziz, M., Abbas, S. S., & Baharom, W. R. W. (2013). Size-controlled synthesis of SnO₂ nanoparticles by sol-gel method. *Materials Letters*, 91, 31-34.
- Bagheri, S., & Julkapli, N. M. (2016). Modified iron oxide nanomaterials: functionalization and application. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 416, 117-133.
- Bozeman, B., & Melkers, J. (Eds.). (1993). *Evaluating R&D impacts: Methods and practice*. Springer Science & Business Media.
- Carreño NL, Fajardo HV, Maciel AP, Valentini A, Pontes FM, Probst LF et al (2004) Selective synthesis of vinyl ketone over SnO₂ nanoparticle catalysts doped with rare earths. *J Mol Catal A Chem* 207(2):91–96
- Charinpanitkul, T., Faungnawakij, K., & Tanthapanichakoon, W. (2008). Review of recent research on nanoparticle production in Thailand. *Advanced powder technology*, 19(5), 443-457.
- Chen, W., Song, K., Mi, L., Feng, X., Zhang, J., Cui, S., & Liu, C. (2017). Synergistic effect induced ultrafine SnO₂/graphene nanocomposite as an advanced lithium/sodium-ion batteries anode. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(20), 10027-10038.
- Das Purkayastha, M., & Manhar, A. K. (2016). Nanotechnological applications in food packaging, sensors and bioactive delivery systems. *Nanoscience in food and agriculture* 2, 59-128.
- Davazoglou, D. (1997). Optical properties of SnO₂ thin films grown by atmospheric pressure chemical vapour deposition oxidizing SnCl₄. *Thin Solid Films*, 302(1-2), 204-213.
- Deng, Y., Fang, C., & Chen, G. (2016). The developments of SnO₂/graphene nanocomposites as anode materials for high performance lithium ion batteries: a review. *Journal of Power Sources*, 304, 81-101.
- Desai, U. V., Xu, C., Wu, J., & Gao, D. (2013). Hybrid TiO₂-SnO₂ nanotube arrays for

- dye-sensitized solar cells. *The Journal of Physical Chemistry C*, 117(7), 3232-3239.
- Devos, P. (2011). Research and bibliometrics: a long history.... *Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology*, 35(5), 336-337.
- Diallo, A., Manikandan, E., Rajendran, V., & Maaza, M. (2016). Physical & enhanced photocatalytic properties of green synthesized SnO₂ nanoparticles via *Aspalathus linearis*. *Journal of Alloys and Compounds*, 681, 561-570.
- Donnally III, C. J., Trapana, E. J., Barnhill, S. W., Bondar, K. J., Rivera, S., Sheu, J. I., & Wang, M. Y. (2019). The most influential publications in odontoid fracture management. *World neurosurgery*, 123, 41-48.
- Du, W., Yang, G., Wong, E., Deskins, N. A., Frenkel, A. I., Su, D., & Teng, X. (2014). Platinum-tin oxide core-shell catalysts for efficient electro-oxidation of ethanol. *Journal of the American Chemical Society*, 136(31), 10862-10865.
- Eck, N. J., and Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053-1070.
- Elango, G., & Roopan, S. M. (2016). Efficacy of SnO₂ nanoparticles toward photocatalytic degradation of methylene blue dye. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 155, 34-38.
- Fraigi, L., Lamas, D. G., & De Reca, N. W. (1999). Novel method to prepare nanocrystalline SnO₂ powders by a gel-combustion process. *Nanostructured materials*, 11(3), 311-318.
- Garfield, E. (1972). Citation analysis as a tool in journal evaluation: Journals can be ranked by frequency and impact of citations for science policy studies. *Science*, 178(4060), 471-479.
- Ge, J. P., Wang, J., Zhang, H. X., Wang, X., Peng, Q., & Li, Y. D. (2006). High ethanol sensitive SnO₂ microspheres. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 113(2), 937-943.
- Glotzer, S. C., Nordlander, P., & Fernandez, L. E. (2017). Theory, Simulation, and Computation in Nanoscience and Nanotechnology. *ACS nano*, 11(7), 6505-6506.
- He, J. H., Wu, T. H., Hsin, C. L., Li, K. M., Chen, L. J., Chueh, Y. L., ... & Wang, Z. L. (2006). Beaklike SnO₂ nanorods with strong photoluminescent and field-emission properties. *small*, 2(1), 116-120.
- He, Z. Q., Li, X. H., Xiong, L. Z., Wu, X. M., Xiao, Z. B., & Ma, M. Y. (2005). Wet chemical synthesis of tin oxide-based material for lithium ion battery anodes. *Materials Research Bulletin*, 40(5), 861-868.
- Hu, D., Han, B., Deng, S., Feng, Z., Wang, Y., Popovic, J., ... & Djerdj, I. (2014). Novel mixed phase SnO₂ nanorods assembled with SnO₂ nanocrystals for enhancing gas-sensing performance toward isopropanol gas. *The Journal of Physical Chemistry C*, 118(18), 9832-9840.
- Ke, W., Fang, G., Liu, Q., Xiong, L., Qin, P., Tao, H., ... & Yan, Y. (2015). Low-temperature solution-processed tin oxide as an alternative electron transporting layer for efficient perovskite solar cells. *Journal of the American Chemical Society*, 137(21), 6730-6733.
- Ke, W., Zhao, D., Cimaroli, A. J., Grice, C. R., Qin, P., Liu, Q., ... & Fang, G. (2015). Effects of annealing temperature of tin oxide electron selective layers on the performance of perovskite solar cells. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(47), 24163-24168.
- Kim, T. W., Kwak, J. K., Park, K. H., Yun, D. Y., Lee, D. U., Son, D. I., ... & Lee, J. Y. (2010). Microstructural and optical properties of SnO₂ nanoparticles formed by using a solvothermal synthesis method. *Journal of the Korean Physical Society*, 57(6), 1803-1806.
- Kurniawan, F., & Rahmi, R. (2017). Synthesis of SnO₂ nanoparticles by high potential electrolysis. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 12(2), 281-286.
- Leite, E. R., Gomes, J. W., Oliveira, M. M., Lee, E. J. H., Longo, E., Varela, J. A., ... & Soares, P. C. (2002). Synthesis of SnO₂ nanoribbons by a carbothermal reduction process. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 2(2), 125-128.
- Li, L., Zong, F., Cui, X., Ma, H., Wu, X., Zhang, Q., ... & Zhao, J. (2007). Structure and field emission properties of SnO₂ nanowires. *Materials Letters*, 61(19-20), 4152-4155.
- Li, Y., Zhu, S., Liu, Q., Gu, J., Guo, Z., Chen, Z., ... & Moon, W. J. (2012). Carbon-coated SnO₂@C with hierarchically porous structures and graphite layers inside for a high-performance lithium-ion battery. *Journal of Materials Chemistry*, 22(6), 2766-2773.

- Liao, H., Tang, M., Luo, L., Li, C., Chiclana, F., & Zeng, X. J. (2018). A bibliometric analysis and visualization of medical big data research. *Sustainability*, *10*(1), 166.
- Malik, A. T., Jain, N., Yu, E., & Khan, S. N. (2018). The top 50 most-cited articles on cervical spondylotic myelopathy. *World Neurosurgery*, *116*, e1168-e1180.
- Mao, S., Cui, S., Lu, G., Yu, K., Wen, Z., & Chen, J. (2012). Tuning gas-sensing properties of reduced graphene oxide using tin oxide nanocrystals. *Journal of Materials Chemistry*, *22*(22), 11009-11013.
- Masuda, Y., Ohji, T., & Kato, K. (2010). Highly enhanced surface area of tin oxide nanocrystals. *Journal of The American Ceramic Society*, *93*(8), 2140-2143.
- 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), 330-334.
- 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.
- Naushad, M., Ahamad, T., Sharma, G., Ala'a, H., Albadarin, A. B., Alam, M. M., ... & Ghfar, A. A. (2016). Synthesis and characterization of a new starch/SnO₂ nanocomposite for efficient adsorption of toxic Hg²⁺ metal ion. *Chemical Engineering Journal*, *300*, 306-316.
- Nugraha, A. S. (2022). Bibliometric analysis of magnetite nanoparticle production research during 2017-2021 using Vosviewer. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research*, *2*(2), 327-332.
- Orduña-Malea, E., & Costas, R. (2021). Link-based approach to study scientific software usage: The case of VOSviewer. *Scientometrics*, *126*(9), 8153-8186.
- Parimala, S. S., Gnanamani, A., & Mandal, A. B. (2012). Bulk and surface properties of tin based herbal drug during its preparation: fingerprinting of the active pharmaceutical constituent. *Int. J. Pharm. Sci. and Res*, *3*(4), 1037-1042.
- Park, S. K., Yu, S. H., Pinna, N., Woo, S., Jang, B., Chung, Y. H., ... & Piao, Y. (2012). A facile hydrazine-assisted hydrothermal method for the deposition of monodisperse SnO₂ nanoparticles onto graphene for lithium ion batteries. *Journal of Materials Chemistry*, *22*(6), 2520-2525.
- Peña, J., Pérez-Pariente, J., & Vallet-Regí, M. (2003). Textural properties of nanocrystalline tin oxide obtained by spray pyrolysis. *Journal of Materials Chemistry*, *13*(9), 2290-2296.
- Rad, A. G., Abbasi, H., & Afzali, M. H. (2011). Gold nanoparticles: synthesising, characterizing and reviewing novel application in recent years. *Physics Procedia*, *22*, 203-208.
- Sharma, A., Ahmed, A., Singh, A., Oruganti, S. K., Khosla, A., & Arya, S. (2021). Recent advances in tin oxide nanomaterials as electrochemical/chemiresistive sensors. *Journal of the Electrochemical Society*, *168*(2), 027505.
- Snaith, H. J., & Ducati, C. (2010). SnO₂-based dye-sensitized hybrid solar cells exhibiting near unity absorbed photon-to-electron conversion efficiency. *Nano letters*, *10*(4), 1259-1265.
- Sudhparimala, S., Gnanamani, A., & Mandal, A. B. (2012). Egg Shell Powder as the Precursor for the Synthesis of Nano Crystalline Calcium Stannate (CaSnO₃) with orthorhombic Perovskite Structure: Exploration on Phase, Morphology and Antioxidant Property. *Chem. Sci. Rev. Lett*, *2*(5), 267-277.
- Sudhparimala, S., Gnanamani, A., & Mandal, A. B. (2014). Green synthesis of tin based nano medicine: assessment of microstructure and surface property. *Am. J. Nanosci. Nanotechnol*, *2*(4), 75.
- Tazikeh, S., Akbari, A., Talebi, A., & Talebi, E. (2014). Synthesis and characterization of tin oxide nanoparticles via the Co-precipitation method. *Materials Science-Poland*, *32*(1), 98-101.
- Tomer, V. K., & Duhan, S. (2016). Ordered mesoporous Ag-doped TiO₂/SnO₂ nanocomposite based highly sensitive and selective VOC sensors. *Journal of Materials Chemistry A*, *4*(3), 1033-1043.
- Trigilio, J., Antoine, T. E., Paulowicz, I., Mishra, Y. K., Adelung, R., & Shukla, D. (2012). Tin oxide nanowires suppress herpes simplex virus-1 entry and cell-to-cell membrane fusion. *PLoS One*, *7*(10), e48147.

- Van Toan, N., Chien, N. V., Van Duy, N., Hong, H. S., Nguyen, H., Hoa, N. D., & Van Hieu, N. (2016). Fabrication of highly sensitive and selective H₂ gas sensor based on SnO₂ thin film sensitized with microsized Pd islands. *Journal of hazardous materials*, 301, 433-442.
- Vinayan, B. P., & Ramaprabhu, S. (2013). Facile synthesis of SnO₂ nanoparticles dispersed nitrogen doped graphene anode material for ultrahigh capacity lithium ion battery applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(12), 3865-3871.
- Wang, Y., & Chen, T. (2009). Nonaqueous and template-free synthesis of Sb doped SnO₂ microspheres and their application to lithium-ion battery anode. *Electrochimica Acta*, 54(13), 3510-3515.
- Wang, Y., Jiang, X., & Xia, Y. (2003). A solution-phase, precursor route to polycrystalline SnO₂ nanowires that can be used for gas sensing under ambient conditions. *Journal of the American Chemical Society*, 125(52), 16176-16177.
- Wei, Y., Gao, C., Meng, F. L., Li, H. H., Wang, L., Liu, J. H., & Huang, X. J. (2012). SnO₂/reduced graphene oxide nanocomposite for the simultaneous electrochemical detection of cadmium (II), lead (II), copper (II), and mercury (II): an interesting favorable mutual interference. *The journal of physical chemistry C*, 116(1), 1034-1041.
- Yilmaz, R. M., Topu, F. B., & Takkaç Tulgar, A. (2022). An examination of the studies on foreign language teaching in pre-school education: A bibliometric mapping analysis. *Computer Assisted Language Learning*, 35(3), 270-293.
- Yin, X. T., Zhou, W. D., Li, J., Wang, Q., Wu, F. Y., Dastan, D., ... & Țălu, Ș. (2019). A highly sensitivity and selectivity Pt-SnO₂ nanoparticles for sensing applications at extremely low level hydrogen gas detection. *Journal of alloys and compounds*, 805, 229-236.
- Zang, Y., Li, L., Li, X., Lin, R., & Li, G. (2014). Synergistic collaboration of g-C₃N₄/SnO₂ composites for enhanced visible-light photocatalytic activity. *Chemical Engineering Journal*, 246, 277-286.
- Zhao, Q., Ma, L., Zhang, Q., Wang, C., & Xu, X. (2015). SnO₂-based nanomaterials: synthesis and application in lithium-ion batteries and supercapacitors. *journal of Nanomaterials*, 2015.