

Analisis Bibliometrik: nanopartikel Titanium Dioksida sebagai coating proteksi UV pada bahan kain

Jaaka Yarfa Alhaqqa

Departemen Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia

Article Info

Article history:

Received December 6, 2023

Accepted January 2, 2024

Published January 3, 2024

Keywords:

Bibliometric

Kain

Nanopartikel

Sifat anti-UV

Titanium dioksida

ABSTRACT

Pada kajian ini, akan dibahas bagaimana perkembangan penelitian mengenai penggunaan nanopartikel titanium dioksida (NP-TD) sebagai coating untuk bahan proteksi UV pada kain. Nanoteknologi sendiri sudah memberikan banyak peran dalam perkembangan teknologi saat ini, dari skala penelitian hingga industri. Dengan karakteristik ukuran partikel kurang dari 100 nm, nanopartikel memberikan banyak sifat berbeda dibanding molekul besar. Titanium dioksida merupakan salah satu keluarga dari logam transisi. Telah diketahui bahwa NP-TD tidak hanya memiliki kemampuan antibakteri, tetapi juga sifat pembersihan diri hingga penyerapan UV. Karakter-karakter tadi yang membuat NP-TD sangat berharga di berbagai bidang. Salah satu kegunaannya adalah sebagai bahan proteksi sinar UV pada bahan kain. Proses pelapisan dengan metode konvensional memberikan hasil yang tidak permanen, akibat terus tereduksi selama proses pencucian. Dengan nanoteknologi, maka penggunaan nanopartikel dapat memberikan solusi bagi permasalahan tersebut. Publish or Perish dan VOSViewer digunakan untuk menganalisis data bibliometrik untuk topik ini. Data publikasi diambil dari data BSE Google Scholar dengan kata kunci nanoparticle, TiO₂, titanium dioxide, fabric, dan UV. Selama periode 2013-2023, didapatkan 200 publikasi publikasi terseleksi, yang kemudian dianalisis dari visualisasi jaringan, hampan, dan kerapatannya. Selama periode sepuluh tahun tersebut, tahun 2013 memiliki jumlah publikasi terbanyak, 29 buah. Hasil analisis visualisasi jaringan, istilah yang paling disorot adalah nanoparticle, titanium dioxide, dan tio. Dengan begitu, diharapkan tulisan ini bisa menjadi referensi untuk melihat potensi nanopartikel titanium dioksida di masa depan



Corresponding Author:

Jaaka Yarfa Alhaqqa

Departemen Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia,

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

Email: [*jaaka.yarfa@upi.edu](mailto:jaaka.yarfa@upi.edu)

1. PENGANTAR

Nanoteknologi adalah teknologi yang memanfaatkan adanya perbedaan sifat-sifat molekul dan struktur atom, pada ukuran nanometer [1]. Nanoteknologi memanfaatkan ukuran nano, yang merupakan satuan ukur yang memiliki nilai setara sepemiliar (10^{-9} meter). Jangkauan dimensi nano ini dimulai dari 1-100 nm, menjadikan cakupan sistem nano ini berada di bawah dimensi makroskopis dan di atas dimensi molekuler [2]. Perbedaan sifat dari partikel nano dengan molekul besar bisa sangat berbeda jauh berbeda. Dengan adanya sifat berbeda dan baru tersebutlah, kita bisa mempelajarinya untuk mendapatkan suatu sifat material yang diinginkan, dengan cara memanipulasinya [3]. Dengan begitu, nanoteknologi sering diaplikasikan di berbagai bidang untuk mendapatkan karakter atau sifat yang diinginkan.

Nanopartikel adalah salah satu ruang lingkup dari nanoteknologi. Dengan memiliki ukuran yang sangat kecil, nanopartikel bisa memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang tinggi [4]. Dengan tingginya rasio tersebut, maka kontribusi partikel pada permukaan atom dapat semakin tinggi pula. Dengan ukuran yang kecil pula, pada nanopartikel dapat dilihat fenomena-fenomena unik yang terjadi pada skala nano. Dengan begitu, gejala yang unik tersebut sudah tidak bisa dijelaskan lagi menggunakan fisika klasik. Untuk menjelaskan fenomena di tingkat nano, maka dibutuhkan landasan yang memadai untuk mendeskripsikan berbagai fenomena mikroskopis. Dalam kasus nanopartikel, nilai fraksi permukaan atom-atom sangat tidak

bisa diabaikan [5]. Oleh karena itu, perkembangan nanopartikel akan selalu didampingi oleh keberadaan dari mekanika kuantum. Mekanika kuantum akan memperhitungkan variabel-variabel yang diabaikan di fisika klasik.

Aplikasi nanopartikel sudah dimanfaatkan pada berbagai bidang, contohnya adalah bidang medis, lingkungan, hingga produk konsumen. Pada bidang medis, nanopartikel dapat digunakan sebagai *drug delivery* atau *nano-carrier*. Nanopartikel digunakan sebagai sistem pembawa obat ke target tubuh yang spesifik, sehingga waktu adsorpsi obat dan *bioavailability* obat dapat ditingkatkan [6]. Diketahui bahwa, struktur nano TiO₂ anodik TiO₂ sebagai perancah berpori (*porous scaffold*) menawarkan berbagai macam manfaat dalam aplikasi teranostik [7].

Pada bidang lingkungan, nanopartikel sering kali digunakan dalam pengolahan air (*water treatment*). Nanopartikel seperti TiO₂.SiO₂ bisa digunakan sebagai nanoadsorben, yang dapat menurunkan nilai pH dari air limbah rumah tangga [8]. Selain itu, nanopartikel juga terdapat pada berbagai produk konsumen luas. Dalam produk tabir matahari (*sunscreens*), nanopartikel seperti TiO₂ digunakan sebagai fotokatalisis dan pengabsorb radiasi ultraviolet [9]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, semakin nanopartikel TiO₂ dengan ukuran lebih kecil memiliki aktivitas fotokatalisis di bawah sinar UV yang tinggi [10]. Selain dalam produk kosmetik, penggunaan nanopartikel juga dapat ditemukan dalam produk kain. Nanopartikel dapat digunakan untuk pelapisan (*coating*) pada kain, untuk membentuk struktur skala nano yang padat. Dibuktikan bahwa penggunaan *coating* nanopartikel TiO₂ dapat melindungi dari kain dari paparan sinar UV dan bersifat anti-bakteri melawan bakteri *E. coli* dan *S. aureus* [11]. Saat ini, penerapan partikel logam berukuran nano pada bahan kain sudah menjadi terobosan yang penting [12]. Hal ini dikarenakan lapisan proteksi seperti anti-UV sudah menjadi esensial saat ini, untuk melindungi kulit dari paparan sinar UV yang semakin meningkat.

Titanium dioksida, titanium(IV) oksida, ataupun titania adalah salah satu senyawa anorganik yang memiliki rumus kimia TiO₂ dan merupakan keluarga logam oksida transisi. Titanium oksida adalah mineral berwarna putih yang memiliki aplikasi di berbagai faktor, yang secara alami hadir di alam dalam tiga bentuk kristalin: anatase, rutil, dan brookit [13]. Dari ketiga bentuk kristal tersebut, bentuk yang cukup stabil keberadaannya di alam hanyalah rutil, bentuk anatase dan brookit bersifat metastabil, sehingga menjadi sulit untuk diamati. Walaupun begitu, bentuk anatase cukup stabil secara kinetik apabila berada di temperatur rendah [14]. Senyawa ini memiliki massa molekul seberat 79,9 g/mol, dengan densitas sebesar 4,26 g/cm³ (25 °C). Karakteristik titik didihnya sendiri sebesar 2.972 °C dan titik leleh 1.843 °C [15]. Dari paragraf sebelumnya, telah diberikan contoh penggunaan titanium dioksida pada berbagai bidang. Hal ini memang titanium dioksida sudah dikenal luas karena beragamnya aplikasi di berbagai bidang, dari produk umum (tabir surya) hingga peralatan canggih (sel fotokatalitik) [16]. Fotokatalisis adalah reaksi yang melibatkan cahaya (foton) untuk mempercepat suatu reaksi kimia. Reaksi yang melibatkan cahaya (fotoreaksi) akan mengalami adsorpsi UV oleh katalis yang ditambahkan, sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat [17]. Fotokatalisis dapat terjadi karena adanya kemampuan ganda material semikonduktor, seperti titanium dioksida, yang dapat mengabsorpsi foton dan juga mentransformasi permukaan material secara bersamaan.

Titanium dioksida adalah mineral yang memiliki nilai indeks bias yang tinggi, pada bentuk rutil (2,7) dan anatase (1,6). Hal tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan nilai gap energi (E_g) tiap bentuk kristal. Bentuk anatase memiliki nilai E_g sebesar 3,20-2,23 eV, sedangkan rutil dan brookit masing-masing sebesar 3,02-3,04 dan 3,14-3,31 eV [18]. Dengan begitu, titanium dioksida dalam bentuk rutil memiliki kemampuan refleksi cahaya paling tinggi [19]. Hal ini membuat, titanium dioksida sangat baik digunakan dalam aktivitas fotokatalisis [18], juga sebagai pigmen berwarna putih, dalam produk seperti cat warna hingga makanan dan kosmetik [20]. Performa dari fotokatalisis suatu material akan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti konsentrasi, panjang gelombang cahaya, pH, temperatur, sifat fotokatalisis, ukuran partikel, luas permukaan, sifat adsorpsi, dan konsentrasi substrat [20].

Dalam menyintesis titanium dioksida sendiri, terdapat beberapa pendekatan yang bisa dilakukan. Titanium dioksida dapat disintesis secara fisika, kimia, hingga biologi. Sintesis melalui pendekatan fisika, dapat dilakukan dengan metode *ball milling*, *laser ablation*, dan *sputtering* [21]. Pada pendekatan fisika, sintesis dilakukan dengan energi dan tekanan yang tinggi. Sintesis titanium dioksida melalui pendekatan kimia dapat dilakukan dengan metode sol-gel, solvo-termal, dan hidrotermal. Pada pendekatan kimia, sintesis dilakukan menggunakan berbagai pelarut kimia sesuai dengan kebutuhan sintesis. Sedangkan, sintesis titanium dioksida melalui pendekatan biologi, dapat dilakukan dengan metode sintesis hijau menggunakan agen pereduksi yang bersumber dari alam, seperti ekstrak tanaman, fungi, hingga penggunaan mikroorganisme [13].

Dengan semakin pentingnya dan meluasnya peran nanopartikel TiO₂ ini, diperlukan analisis yang dapat melacak dan mengevaluasi tren penelitian yang sedang terjadi. Dengan begitu, dari adanya pemahaman terhadap tren publikasi dan kolaborasi para peneliti, bisa dijadikan gambaran untuk perkembangan dan kebaharuan penelitian di masa depan. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan membuat analisis bibliometrik. Analisis bibliometrik adalah metode populer untuk menganalisis data ilmiah yang berjumlah besar. Analisis bibliometrik sendiri merupakan salah satu metode kuantitatif untuk mengukur, melacak, dan menganalisis literatur ilmiah [22]. Analisis menggunakan bibliometrik bukan termasuk metode analisis yang baru, yang mana sudah ada sejak tahun 1950-an [23]. Umumnya, analisis bibliometrik digunakan untuk

menghasilkan tulisan bibliometrik yang menyajikan tren, pola kolaborasi, dan konstituen penelitian, hingga mengeksplorasi struktur intelektual dari suatu literatur [24]. Hal yang menjadi bahan kajian pada tulisan bibliometrik adalah menganalisis topik utama, penulis, sumber, artikel tersitasi paling banyak, hingga negara asal literatur [25].

Dengan adanya suatu literatur yang terkumpul, tulisan bibliometrik dapat membantu para ahli di bidangnya masing-masing untuk melacak perkembangan terbaru, tanpa memerlukan waktu yang lama untuk menilai dan mengevaluasi informasi yang ada. Dengan diperlihatkan *ranking* artikel, para ahli sudah bisa mengetahui reputasi dari artikel yang disajikan [26]. Maka, dengan menganalisis data penelitian, kita dapat mendapatkan gambaran perkembangan di bidang titanium dioksida, dengan cara menganalisis data, konten, dan kutipan artikel yang telah dikumpulkan [27].

Dalam menelusuri perkembangan publikasi dari suatu topik, terdapat suatu platform yang dapat menyediakan pintu akses untuk membuka jejak publikasi dan karya akademis lainnya, yaitu Google Scholar. Google Scholar adalah sebuah mesin pencari yang dirilis oleh Google pada tahun 2004, untuk mencari publikasi ilmiah, seperti artikel jurnal, buku, hingga tesis bahkan jumlah sitasi yang rendah. Google Scholar memperbolehkan untuk mengakses *database* dari berbagai sumber seperti penerbit dan pers universitas (IEEE, ACM, Macmillan, Wiley, dan University of Chicago), penyedia digital (HighWire Press dan MetaPress), organisasi ilmiah dan pemerintah (American Physical Society, National Institute of Health, dan NOAA), dan server pracetak (arXiv.org, Astrophysics Data System, dan RePEc) [28]. Seperti mesin pencari Google, di Google Scholar mudah digunakan untuk mendapatkan dokumen sesuai dengan kata kunci yang dicari, dan menyusunnya sesuai algoritma [29].

Dalam membuat tulisan bibliometrik menggunakan mesin pencari seperti Google Scholar, dibutuhkan program lain untuk memperoleh data yang diperlukan. Program Publish or Perish adalah contoh program yang bisa dipakai untuk mengumpulkan data bibliometrik [30]. Publish or Perish (PoP) adalah program hasil prakarsai Profesor Anne Wil Harzing, yang dikembangkan bersama Melbourne-based Tarma Research Software Pty Ltd di tahun 2009. Cara mengelola program ini yaitu langsung di komputer, tanpa melalui server internet. Program PoP dapat memberikan sarana dan fitur esensial yang tidak tersedia di Google Scholar [31]. Dengan PoP, artikel-artikel yang sudah dikumpulkan dapat diekspor menjadi file *Comma Separated Value* (CSV) dan *Research Information System* (RIS). File CSV yang dapat diolah lebih lanjut dengan program Microsoft Excel [32], sedangkan file RIS dapat diolah dalam program pemetaan sains [33]. Penggunaan PoP akan bermanfaat dalam kategori analisis kinerja (*performance analysis*), yang akan memperhitungkan kontribusi konstituen penelitian (metrik terkait publikasi, sitasi, dan sitasi-publikasi [24]).

Selain terdapat kategori analisis kinerja, pada analisis bibliometrik terdapat juga kategori pemetaan sains dan kategori analisis pengayaan analisis. Pada kategori pemetaan sains (*science mapping*), akan dilakukan analisis terkait interaksi intelektual dan hubungan struktural di antara konstituen penelitian, seperti *co-word analysis* dan *co-authorship analysis*. Sedangkan, kategori pengayaan analisis (*enrichment toolbox*) adalah bagian yang menyajikan tambahan untuk meningkatkan hasil analisis, yang terdiri dari *network metric*, *clustering*, dan *visualization* [24]. Terdapat program yang dapat membantu dalam melakukan analisis kinerja dan pengayaan analisis ini, yaitu VOSviewer. VOSviewer adalah program cetusan Nees Jan van Eck dan Ludo Waltman (Leiden University) di tahun 2010 [34]. Program VOSviewer dapat digunakan untuk mengelompokkan publikasi dan menganalisis solusi pengelompokan (*clustering*), serta dapat memvisualisasikannya agar mendukung hasil pengelompokan [35].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam menulis tulisan bibliometrik ini, dilakukan dalam tiga tahapan: pengumpulan data, seleksi data, dan analisis-visualisasi data. Tahapan dari metode penelitian analisis bibliometrik ini, secara sistematis dapat dilihat pada bagan alir di Gambar 1.

2.1 Pengumpulan Data

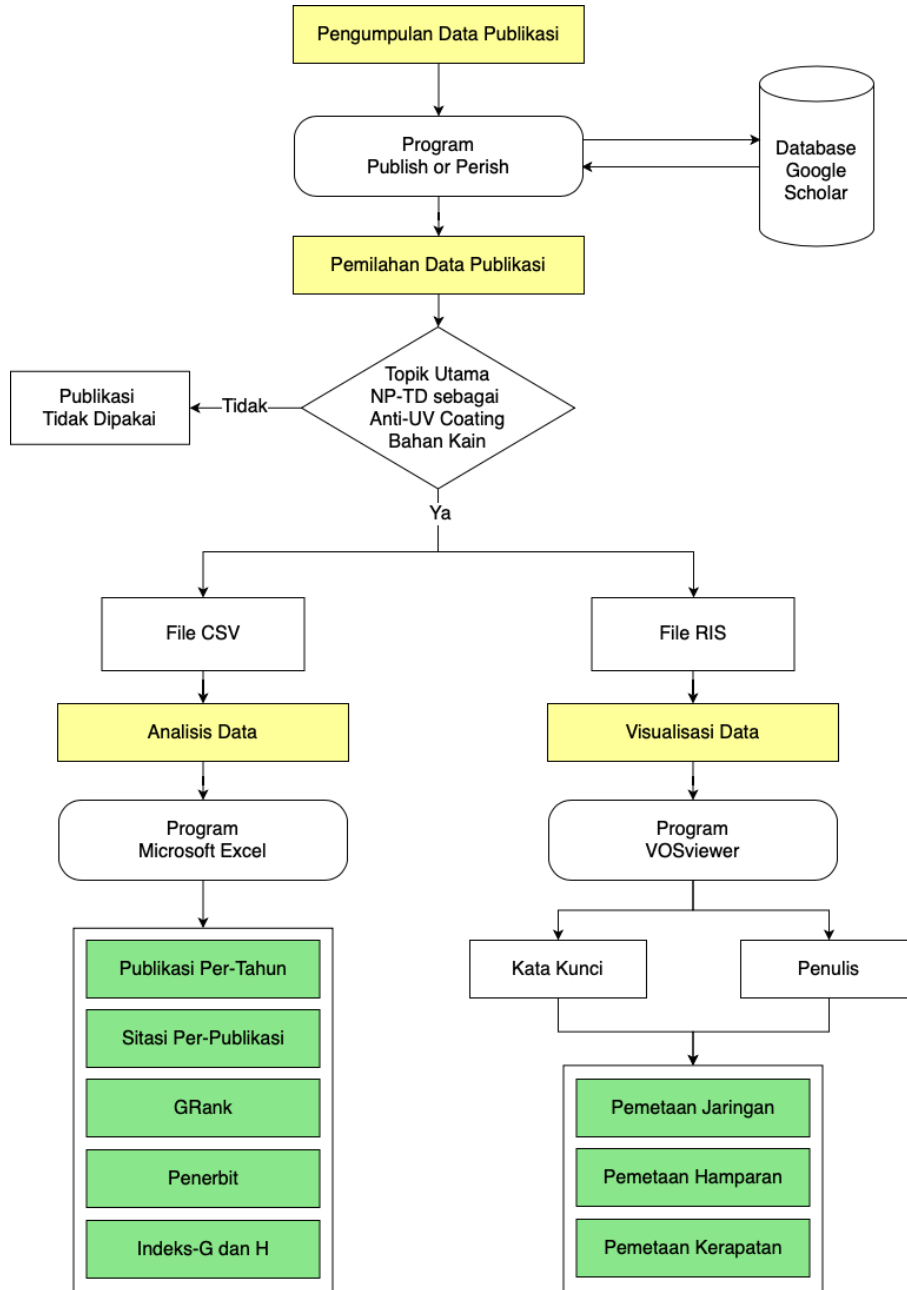
Pada tahapan pengumpulan data, digunakan artikel-artikel penelitian yang telah dirilis oleh jurnal terindeks Google Scholar. Program Publish or Perish v8.9.4538.8589 digunakan untuk mencari dan mengelola artikel terpilih, yang sudah diset Google Scholar sebagai sumber data. Pencarian artikel dilakukan dengan filter kata kunci, tahun publikasi, dan jumlah hasil yang ditampilkan. Kata kunci yang dipakai adalah *nanoparticle*, *TiO₂*, *titanium dioxide*, *fabric*, dan *UV*. Sedangkan, tahun publikasi diset untuk publikasi sepuluh tahun ke belakang (2018-2023), dengan maksimum hasil sebanyak 200 publikasi. Pada tahap ini, dapat dilakukan juga seleksi publikasi yang tidak sesuai dengan topik. Setelah hasil didapatkan, metadata artikel-artikel tersebut diekspor menjadi file CSV dan RIS untuk diolah lebih lanjut.

2.2 Seleksi Data

Pada tahapan seleksi data, dilakukan pemilahan terhadap hasil artikel yang dikumpulkan. File CSV diimpor ke program Microsoft Excel, kemudian diset "*comma*" sebagai batas pemisah informasi. Setelah itu, data dapat ditampilkan dalam tabel-tabel, yang kemudian dapat dilakukan pengolahan data lebih lanjut, seperti mencari jumlah publikasi per tahun, dsb.

2.3 Analisis dan Visualisasi Data

Pada tahapan analisis dan visualisasi data, dilakukan analisis lebih lanjut dari file CSV yang sudah ada di Microsoft Excel. Tabel data yang ada diolah untuk mengetahui jumlah publikasi per tahun, jumlah sitasi per publikasi, indeks-h, indeks-g, dan indeks-i. Sementara, file RIS diimpor ke program VOSviewer, untuk mengetahui pemetaan sains dan analisis jaringannya. Dengan menggunakan program VOSviewer v1.6.20, kita bisa mendapatkan pemetaan jaringan (*network*), hamparan (*overlay*), dan kerapatan (*density*). Frekuensi kata kunci kemudian diatur dan juga dihilangkan kata kunci yang dikira tidak relevan. Peta publikasi ini akan dibuat berdasarkan bagaimana keterkaitan kata kunci satu sama lainnya.



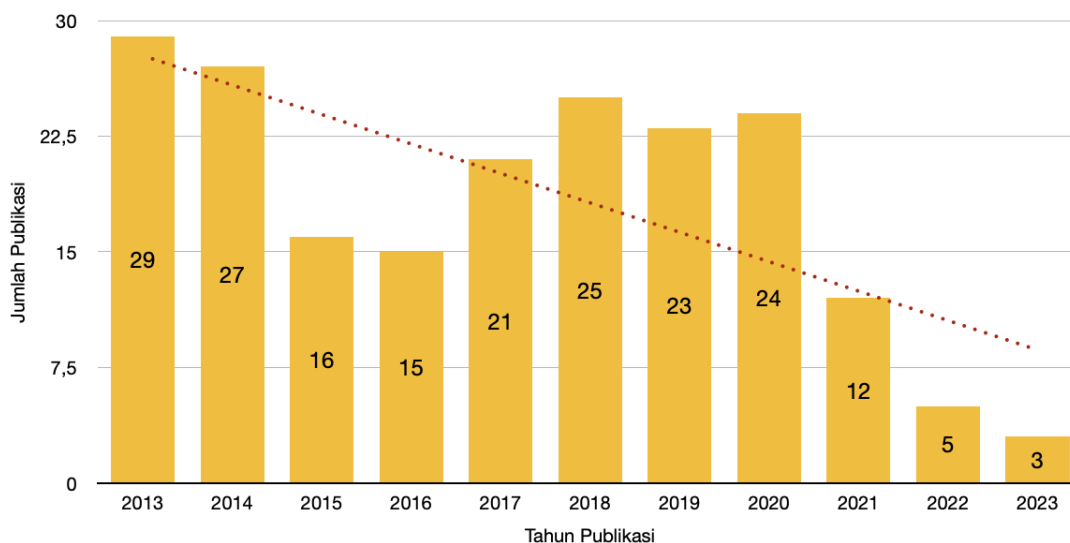
Gambar 1. Bagan alir analisis bibliometrik topik nanopartikel titanium dioksida sebagai *coating* proteksi UV pada kain.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Hasil Penelusuran Data Publikasi

Dari hasil pencarian dan pengumpulan publikasi lima tahun terakhir, mengenai penggunaan nanopartikel TiO₂ sebagai *coating* proteksi UV pada bahan kain, didapatkan sebanyak 200 publikasi. Dengan menggunakan Microsoft Excel, metadata publikasi diolah untuk mengetahui tren publikasi atau jumlah

publikasi per tahunnya. Pada Gambar 2. ditunjukkan tren publikasi terhadap topik terkait selama lima tahun terakhir, mulai dari 2013 hingga 2023 (November). Bisa dilihat bahwa kuantitas publikasi yang dihasilkan naik-turun (fluktuatif) setiap tahunnya. Akan tetapi, dari garis tren yang ada, bisa dikatakan publikasi tentang topik ini cenderung menurun tiap tahun. Pada di awal periode, 2013 memiliki jumlah periode tertinggi, sebanyak 29 publikasi. Tahun-tahun berikutnya, jumlah publikasi terus mengalami penurunan hingga tahun 2016. Tahun 2017 mengalami fenomena kenaikan publikasi hingga tahun 2018. Dari tahun 2018 sampai 2020, jumlah publikasi bisa dikatakan stabil dan tidak berubah signifikan. Akan tetapi, ketika masuk ke tahun 2021, jumlah publikasi mengalami penurunan yang cukup drastis, dari 24 menjadi 12 publikasi. Fenomena penurunan publikasi ini terus berlanjut hingga tahun 2023. Tahun 2023 menjadi tahun dengan jumlah publikasi terendah, sebanyak 3 publikasi berada di tahun 2023 (*on-going*), meskipun sudah berada di akhir tahun. Terjadinya penurunan dapat dijelaskan karena topik yang diambil merupakan topik yang sangat spesifik. Selain itu, kemungkinan lain penyebab terjadinya penurunan ini adalah penelitian akan nanopartikel TiO₂ sudah mencapai titik jenuhnya, yang ditandai dengan jumlah publikasi di tahun-tahun sebelumnya.



Gambar 2. Tren publikasi nanopartikel titanium dioksida sebagai *coating* proteksi UV pada kain (2018-2023).

Dari banyaknya publikasi yang dikumpulkan, publikasi dapat disusun berdasarkan nilai GRank-nya. Nilai Google Scholar Rank (GRank) adalah metrik yang populer untuk mengukur pengaruh atau dampak dari suatu karya ilmiah. Nilai GRank berkisar dari 0 hingga 100. Semakin tinggi nilainya, maka semakin berpengaruh karya ilmiah tersebut. Biasanya nilai GRank digunakan untuk membandingkan dua karya ilmiah yang berbeda. Dalam penentuan nilai Rank oleh algoritma, jumlah sitasi menjadi faktor terbesar dan paling mempengaruhi [36]. Pada Tabel 1. ditunjukkan artikel-artikel publikasi yang memiliki GRank 20 teratas. Dari dua puluh artikel publikasi dengan rentang 10 tahun terakhir: jumlah dari seluruh sitasi yang diambil dari artikel ini sebanyak 1.558; jumlah sitasi per tahun sebanyak 155,30; jumlah sitasi per artikel sebanyak 77,65 sitasi; jumlah sitasi per penulis sebanyak 601,72 sitasi; jumlah artikel per penulis sebanyak 6,13 penulis; jumlah penulis per artikel sebanyak 3,85 artikel; nilai indeks-h sebesar 18; nilai indeks-g sebesar 20. Nilai indeks-h adalah nilai minimum suatu publikasi disitasi sebanyak *h* untuk mengukur pengaruh publikasi tersebut. Sedangkan, nilai indeks-g adalah nilai minimum suatu publikasi mendapatkan sitasi sebanyak *g*² untuk mengukur dampak publikasi tersebut [24], yang menggabungkan kuantitas (jumlah publikasi) dengan kualitas (dampak atau jumlah sitasi) [37]. Nilai indeks-h sebesar 18 berarti para penulis setidaknya memiliki 18 publikasi yang dikutip setidaknya disitasi 18. Sedangkan, nilai indeks-g sebesar 20 berarti para penulis setidaknya memiliki 20 publikasi, yang dikutip sebanyak 400 kutipan.

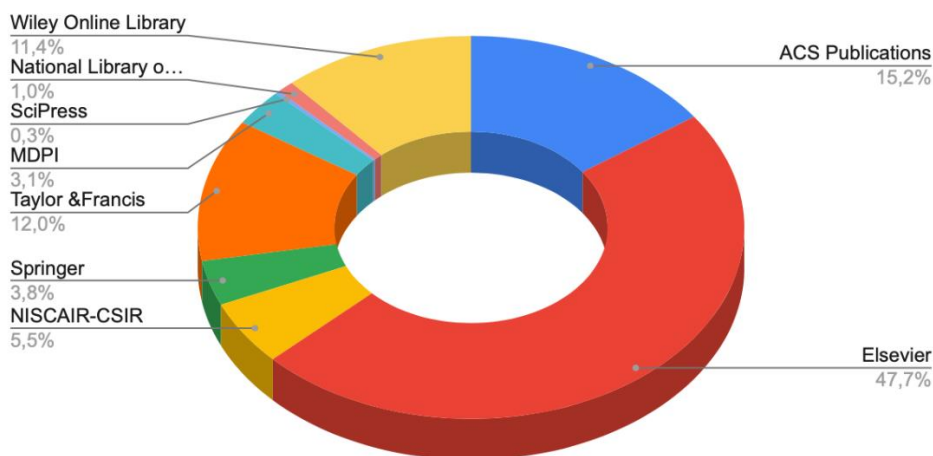
Tabel 1. Data publikasi 20 teratas nanopartikel TiO₂ sebagai *coating* proteksi UV pada kain berdasarkan nilai GRank.

GRank	Penulis	Judul	Tahun	Penerbit	Disitasi	Ref.
1	El-Naggar, <i>et al.</i>	<i>Antibacterial activities and UV protection of the in situ synthesized</i>	2016	ACS Publications	144	[12]

		<i>titanium oxide nanoparticles on cotton fabrics</i>				
2	Raeisi, <i>et al.</i>	<i>Superhydrophobic cotton fabrics coated by chitosan and titanium dioxide nanoparticles with enhanced antibacterial and UV-protecting properties</i>	2021	Elsevier	52	[38]
3	Sivakumar, <i>et al.</i>	<i>UV protection and self-cleaning finish for cotton fabric using metal oxide nanoparticles</i>	2013	NISCAIR-CSIR	85	[39]
4	Xu, <i>et al.</i>	<i>Durable Antibacterial and UV Protective Properties of Cotton Fabric Coated with Carboxymethyl Chitosan and Ag/TiO₂ Composite Nanoparticles</i>	2021	Springer	23	[40]
5	Karimi, <i>et al.</i>	<i>Functional finishing of cotton fabrics using graphene oxide nanosheets decorated with titanium dioxide nanoparticles</i>	2016	Taylor & Francis	64	[41]
6	Sadr, <i>et al.</i>	<i>In situ sonosynthesis of nano TiO₂ on cotton fabric</i>	2014	Elsevier	128	[42]
7	Riaz, <i>et al.</i>	<i>Fabrication of robust multifaceted textiles by application of functionalized TiO₂ nanoparticles</i>	2019	Elsevier	71	[43]
8	Wang, <i>et al.</i>	<i>Titanium dioxide nanoparticles-coated aramid fiber showing enhanced interfacial strength and UV resistance properties</i>	2016	Elsevier	74	[44]
9	Li, <i>et al.</i>	<i>Durable antibacterial and UV-protective Ag/TiO₂@ fabrics for sustainable biomedical application</i>	2017	Taylor & Francis	97	[45]
10	Anaya-Esparza, <i>et al.</i>	<i>Use of Titanium Dioxide (TiO₂) Nanoparticles as Reinforcement Agent of Polysaccharide-Based Materials</i>	2020	MDPI	48	[46]
11	Radetić	<i>Functionalization of textile materials with TiO₂ nanoparticles</i>	2013	Elsevier	245	[47]
12	Ojstršek, <i>et al.</i>	<i>Characterization of nano-sized TiO₂ suspensions for functional modification of polyester fabric</i>	2013	Elsevier	40	[48]
13	Farouk, <i>et al.</i>	<i>Preparation of multifunctional cationized cotton fabric based on TiO₂ nanomaterials</i>	2013	Elsevier	57	[49]
14	Noman, <i>et al.</i>	<i>A Novel Green Stabilization of TiO₂ Nanoparticles onto Cotton</i>	2018	Springer	36	[50]
15	Morshed, <i>et al.</i>	<i>Sonochemical fabrication of nanocrystalline titanium dioxide (TiO₂) in cotton fiber for durable ultraviolet resistance</i>	2018	Taylor & Francis	26	[51]
16	Mishra, <i>et al.</i>	<i>Imparting protection against UV radiations using in situ coating of titanium dioxide on textiles</i>	2019	SciPress	4	[52]
17	Cai, <i>et al.</i>	<i>Reinforced and ultraviolet resistant silks from silkworms fed with titanium dioxide nanoparticles</i>	2015	ACS Publications	92	[53]
18	Yu, <i>et al.</i>	<i>Cotton fabric finished by PANI/TiO₂ with multifunctions of conductivity, anti-ultraviolet and photocatalysis activity</i>	2019	Elsevier	74	[54]

19	Veronovski, <i>et al.</i>	<i>Surface treated titanium dioxide nanoparticles as inorganic UV filters in sunscreen products.</i>	2014	National Library of Medicine	16	[55]
20	Dreno, <i>et al.</i>	<i>Safety of titanium dioxide nanoparticles in cosmetics</i>	2019	Wiley Online Library	177	[56]

Dari Tabel 1. juga dapat diperlihatkan data penerbit (*Publisher*) yang publikasinya masuk ke dalam 20 teratas menurut nilai GRank. Dari dua puluh publikasi yang ada, publikasi ini diterbitkan dalam 9 penerbit yang berbeda-beda: ACS Publications, Elsevier, NISCAIR-CSIR, Springer, Taylor & Francis, MDPI, SciPress, National Library of Medicine, dan Wiley Online Library. Dari kesembilan penerbit publikasi tersebut, Elsevier menjadi penerbit yang memiliki publikasi terbanyak pada daftar publikasi yang ada, sebanyak 8 publikasi. Taylor & Francis menduduki peringkat pertama dengan 3 publikasi, diikuti oleh ACS Publication dengan 2 publikasi. Sedangkan, NISCAIR-CSIR, MDPI, SciPress, NLM, dan Wiley Online Library sama-sama hanya memiliki 1 publikasi. Maka dari itu, penerbit Elsevier menjadi penerbit paling berpengaruh dalam publikasi topik nanopartikel titanium dioksida sebagai *coating* proteksi UV pada bahan kain. Hal tersebut juga dibuktikan juga dari tingginya jumlah sitasi artikel Elsevier, mencapai 47,71% dari total 1.588 sitasi yang ada.



Gambar 3. Jumlah sitasi dari berbagai penerbit publikasi 20 teratas berdasarkan nilai GRank.

Pada Tabel 2. ditunjukkan metode dan hasil penelitian yang berasal dari publikasi di peringkat 5 teratas GRank. Dengan begitu, tabel ini dapat memberikan informasi mengenai topik dan bahasan paling populer dalam penelitian nanopartikel titanium dioksida sebagai *coating* proteksi UV pada bahan kain.

Tabel 2. Topik publikasi 8 teratas nanopartikel TiO₂ sebagai *coating* proteksi UV pada kain berdasarkan nilai GRank.

GRank	Publikasi	Prekursor dan Metode	Kesimpulan
1	El-Naggar, <i>et al.</i>	Pelapisan kain katun menggunakan NP-TD, yang disintesis menggunakan titanium isopropoksida (TIP) dan urea nitrat (UN) sebagai agen peptisasi.	Dengan menggunakan UN, terjadi pelepasan asam nitrat yang memberikan kemampuan produksi NP-TD yang terdeposit pada permukaan kain katun, dengan ukuran kecil (> 50 nm) dan stabil, kemampuan reduksi bakteri 95,5% (<i>S. aureus</i>) dan 95,42% (<i>S. coli</i>) yang tahan hingga 20 kali siklus cuci, dan kemampuan proteksi sinar UV.
2	Raiesi, <i>et al.</i>	Pelapisan kain katun menggunakan nanokomposit kitosan/TiO ₂ .	Dengan menggunakan nanokomposit kitosan/TiO ₂ , ditunjukkan morfologi lapisan superhidrofobik dapat diperoleh di kain katun ini berskala nano dan sangat padat, kemampuan proteksi sinar UV 80% lebih tinggi dari kain tanpa pelapisan, kemampuan reduksi bakteri 99,8% (<i>E. coli</i>) dan 97,3% (<i>S. aureus</i>).

3	Sivakumar, <i>et al.</i>	Pelapisan kain katun menggunakan nano ZnO dan TiO ₂ , dengan prekursor zink asetat dan titanium tetraklorida melalui teknik <i>wet chemical</i> .	Dengan menggunakan nanopartikel ZnO, dan TiO ₂ , diperoleh ukuran nano-ZnO 9 nm dan nano-TiO ₂ 35 nm, kemampuan proteksi sinar UV nano-TiO ₂ lebih tinggi, sedangkan kemampuan <i>self-cleaning</i> nano-ZnO lebih baik, dan kemampuan-kemampuan tersebut bisa bertahan dari 28 hingga 48 siklus pencucian.
4	Xu, <i>et al.</i>	Pelapisan kain katun menggunakan nanokomposit karboksimetil kitosan (CMC) dan Ag/TiO ₂ , dengan teknologi <i>pad-dry-cure</i> .	Dengan menggunakan nanokomposit CMC dan Ag/TiO ₂ , diperoleh nanokomposit Ag/TiO ₂ memiliki nilai reduksi bakteri yang tetap tinggi (>96%) setelah 50 kali siklus pencucian, kemampuan proteksi sinar UV dengan nilai UPF > 79, tanpa mengurangi sifat fleksibilitas, penyerapan air, permeabilitas udara yang signifikan.
5	Karimi, <i>et al.</i>	Pelapisan kain katun menggunakan nanokomposit grafena oksida/TiO ₂ diaplikasikan dengan teknik <i>dip-drying</i> .	Dengan menggunakan nanokomposit grafena oksida/TiO ₂ , diperoleh manfaat yang fungsional seperti reduksi bakteri 99% (<i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i>) dibandingkan hanya <i>coating</i> TiO ₂ yang sebesar 22% (<i>S. aureus</i>) dan 32% (<i>E. coli</i>). Kemampuan proteksi sinar UV juga hasilnya jauh lebih baik daripada kain tanpa pelapisan, yang diakibatkan sifat absorpsi UV sinergis dari titanium dioksida dan grafena oksida.
6	Sadr, <i>et al.</i>	Pelapisan kain katun menggunakan NP-TD menggunakan prekursor titanium tetraisopropoksida (TTIPA) melalui metode iradiasi ultrasonik.	Dengan menggunakan metode iradiasi ultrasonik, terjadi pembentukan fase anatase NP-TD di suhu 75 °C, membuktikan peran penting dari iradiasi. Diperoleh ukuran NP-TD 3-6 nm dan menunjukkan karakter proteksi sinar UV yang baik. Jumlah NP-TD yang terdeposit di permukaan kain katun ini dipengaruhi oleh konsentrasi TTIP dan waktu sonikasi.
7	Riaz, <i>et al.</i>	Pelapisan kain katun difungsikan menggunakan NP-TD <i>functionalized</i> diaplikasikan dengan metode <i>pad-dry-cure</i> .	Dengan menggunakan <i>coupling agent</i> silane mengandung gugus epoksi (gPTs) dan <i>long chain hydrophobic agent</i> (QASC), diperoleh karakter superhidrofobik yang tahan lama, degradasi noda berwarna, aktivitas antibakteri (<i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i>), dan proteksi sinar UV dengan nilai UPF > 90, dengan siklus pencucian hingga 20 kali.
8	Wang, <i>et al.</i>	Pelapisan <i>aramid fiber</i> menggunakan NP-TD disintesis metode hidrotermal.	Dengan menggunakan NP-TD pada fiber aramid menggunakan metode hidrotermal, diperoleh peningkatan <i>interfacial shear strength</i> 40-67%, mengarah pelapisan NP-TD berbentuk anatase yang sempurna, memiliki karakter proteksi sinar UV, dan tetap mempertahankan uji tarik 87,1-90,5% setelah dilakukan eksposur lama terhadap sinar UV.
9	Li, <i>et al.</i>	Pelapisan kain katun menggunakan nanokomposit Ag/TiO ₂ dari potasium titanium oksida oksalat (PTO) dan AgNO ₃ , diaplikasikan melalui metode deposisi hidrotermal.	Dengan menggunakan nanokomposit Ag/TiO ₂ , diperoleh sifat antibakteri mencapai 99% (<i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i>), dengan laju pertumbuhan bakteri hanya menurun 8% setelah siklus pencucian, karakter proteksi sinar UV dengan nilai UPF 56,39.
10	Anaya-Esparza, <i>et al.</i>	Pelapisan material berbasis polisakarida menggunakan NP-TD,	Dengan menggunakan NP-TD sebagai agen penguatan, diperoleh karakter antimikroba terhadap bakteri gram negatif dan gram positif, jamur, dan lumut. Karakter proteksi sinar UV juga dapat meningkat, juga biokompabilitas yang tinggi.

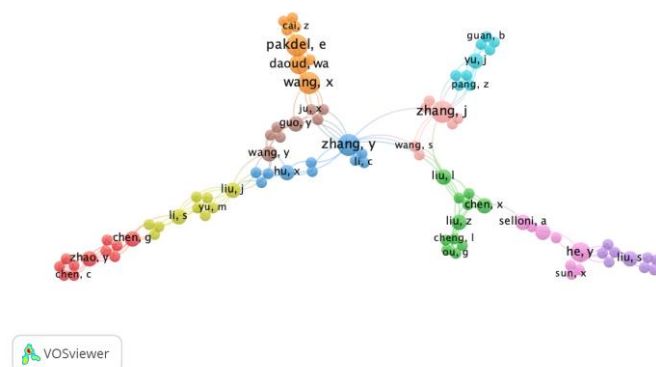
2.2 Visualisasi Area Topik Publikasi

Dalam melakukan visualisasi area topik publikasi mengenai nanopartikel TiO₂ sebagai coating proteksi UV pada kain, digunakan metode pemetaan secara komputasi dengan bantuan program VOSviewer. Dalam program metode ini, terdapat beberapa hal dan istilah yang diset untuk menyesuaikan dengan kebutuhan visualisasi. Item pada VOSviewer menunjukkan objek yang dapat berupa publikasi, peneliti, hingga istilah yang dipakai. Item sendiri dapat terbagi-bagi berdasarkan kluster. Sedangkan, tautan adalah hubungan yang bisa terjadi antara dua item, yang terhubung berdasarkan hubungan antar-publikasi, *co-authorship* antar-peneliti, sampai *co-occurrence* antar-istilah. Setiap tautan ini memiliki kekuatan yang dapat dinilai dari bobot angka positifnya, yang mana semakin besar maka semakin kuat tautannya. Kekuatan ini bisa hadir karena adanya jumlah referensi yang dikutip bersama dalam dua publikasi (*bibliometric link*), jumlah publikasi yang ditulis bersama oleh dua peneliti (*co-authorship link*), dan jumlah publikasi dengan kata kunci yang muncul bersama (*co-occurrence link*). Kumpulan item dan tautan akan membentuk suatu jaringan (*network*) [57].

Pemetaan dilakukan menggunakan 200 data publikasi yang telah dikumpulkan sebelumnya, yang dilakukan berdasarkan kata kunci. Pada tahap pembuatan pemetaan, program VOSviewer diset sebagai berikut: bidang dipilih *title and abstract*, tipe analisis dipilih *co-authorship*, metode perhitungan dipilih *binary counting*, ambang batas dipilih 3 minimum, jumlah istilah dipilih 107 maksimum. Dengan set tersebut, didapatkan 107 item yang kemudian disortir kembali kata kunci yang terpilih, menyisakan 67 item. Dari objek pemetaan sebanyak 67 item yang terbagi menjadi 6 buah kluster, dengan total tautan (*link*) sebanyak 998 buah dan kekuatan tautan sebesar 2.960. Kluster ini menunjukkan item yang tidak saling tumpang tindih.

1. Kluster 1 terdiri dari 17 item, ditandai dengan warna merah. Berikut adalah item kluster 1: *antimicrobial activity, application, characterization, effect, food, green synthesis, light, nanoparticle, presence, property, review, synthesis, tio, tio2 np, titanium dioxide nanoparticle, ultraviolet, uvvis*.
2. Kluster 2 terdiri dari 15 item, ditandai dengan warna hijau. Berikut adalah item kluster 2: *anatase, cotton, cotton fabric, fabric, nano tio, nano tio2, nano titanium dioxide, self cleaning, surface, tio2, uv protection, uv ray, wool fabric, zinc oxide, zno*
3. Kluster 3 terdiri dari 11 item, ditandai dengan warna biru tua. Berikut adalah item kluster 3: *degradation, exposure, methylene, nano, particle, photocatalyst, photocatalyst activity, pollutant, study, uv light, water*.
4. Kluster 4 terdiri dari 10 item, ditandai dengan warna kuning-hijau. Berikut adalah item kluster 4: *coating, cosmetic, photocatalysis, photocatalytic degradation, photocatalytic material, textile, titanium dioxide, use, uv irradiation, uv radiation*.
5. Kluster 5 terdiri dari 9 item, ditandai dengan warna ungu. Berikut adalah item kluster 5: *influence, modification, oxide, photodegradation, preparation, size, tio2 nanoparticle, titanium oxide, titanium oxide nanoparticle*.
6. Kluster 6 terdiri dari 11 item, ditandai dengan warna biru muda. Berikut adalah item kluster 6: *ultraviolet light*.

Dari Gambar 4. ditunjukkan hasil visualisasi jaringan menggunakan VOSviewer. Visualisasi jaringan adalah visualisasi yang menunjukkan hubungan dan keterdekatan antar-item, berupa kata kunci atau penulis, yang bisa digunakan untuk pengelompokan item yang serumpun. Pada visualisasi jaringan ini, item-item saling terhubung dan memiliki warna yang berbeda-beda. Warna dan ukuran label tiap item menentukan bobot masing-masing item itu sendiri. Semakin besar bobot suatu item, maka semakin besar ukuran labelnya [57]. Bobot item sendiri dapat dipengaruhi oleh frekuensi munculnya istilah (*term*) dalam judul dan abstrak publikasi [58]. Bisa dilihat bahwa istilah *nanoparticle* (jumlah kekuatan tautan 612 dan muncul 106 kali), *titanium dioxide* (jumlah kekuatan tautan 507 dan muncul 99 kali), dan *tio* (jumlah kekuatan tautan 477 dan muncul 90 kali) memiliki ukuran yang paling besar.



Gambar 8. Visualisasi jaringan (penulis publikasi) nanopartikel titanium dioksida sebagai coating proteksi UV pada kain.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan diskusi yang dilakukan, analisis bibliometrik mengenai nanopartikel titanium dioksida sebagai coating proteksi UV pada kain di tahun 2013-2023, dapat dilakukan menggunakan Publish or Perish dengan sumber data dari Google Scholar dan dianalisis pemetaannya menggunakan VOSviewer. Dengan menggunakan kata kunci *nanoparticle*, *TiO₂*, *titanium dioxide*, *fabric*, dan *UV*, didapatkan sebanyak 200 publikasi dalam rentang sepuluh tahun terakhir. Hasil analisis jumlah publikasi per tahunnya menunjukkan jumlah publikasi mengalami fluktuatif, dengan garis tren yang menurun. Tahun 2013 menjadi tahun dengan publikasi tertinggi (29 publikasi), sedangkan 2023 (*on-going*) menjadi tahun dengan jumlah publikasi paling sedikit. Dari total 200 publikasi, dipilih 20 publikasi teratas berdasarkan nilai GRank. Pada 20 publikasi teratas tersebut, jumlah sitasi mencapai 1.558 kutipan, dengan indeks-h 18 dan indeks-g 20. Diketahui bahwa publikasi teratas diterbitkan oleh 9 penerbit berbeda, yang mana Elsevier menjadi penerbit dengan publikasi teratas terbanyak. Hasil analisis visualisasi pemetaan jaringan diketahui istilah “*nanoparticle*” memiliki jumlah kekuatan tautan terbanyak yaitu 507. Visualisasi pemetaan hamparan diketahui istilah “*nanoparticle*”, “*titanium dioxide*”, dan “*tio*” populer di publikasi tahun 2017. Visualisasi kerapatan item diketahui istilah “*titanium dioxide*” muncul paling banyak yaitu 99 kali. Visualisasi kerapatan kluster diketahui bahwa kluster 1 memiliki item yang mendominasi pemetaan. Terakhir, visualisasi *co-authorship* diketahui bahwa Zhang, Y. dan Zhang, J mendominasi publikasi terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Jumini, “Nanoteknologi Manivestasi Nanosciences,” *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 4, no. 2, hal. 199–206, 2017.
- [2] S. L. Pal, U. Jana, P. K. Manna, G. P. Mohanta, dan R. Manavalan, “Nanoparticle: An overview of preparation and characterization,” *J. Appl. Pharm. Sci.*, vol. 1, no. 6, hal. 228–234, 2011.
- [3] P. Singh, Y. J. Kim, D. Zhang, dan D. C. Yang, “Biological Synthesis of Nanoparticles from Plants and Microorganisms,” *Trends Biotechnol.*, vol. 34, no. 7, hal. 588–599, 2016.
- [4] S. Amira Othman, “Potensi Nanoteknologi Nanotechnology Potential,” *Potensi Nanoteknologi*, vol. 1, no. 1, hal. 87–100, 2020.
- [5] C. K. Ghosh, “Quantum Effect on Properties of Nanomaterials BT - Introduction to Nano: Basics to Nanoscience and Nanotechnology,” A. Sengupta dan C. K. Sarkar, Ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015, hal. 73–111.
- [6] O. Afzal *et al.*, “Nanoparticles in Drug Delivery: From History to Therapeutic Applications,” *Nanomater. (Basel, Switzerland)*, vol. 12, no. 24, Des 2022.
- [7] M. H. Kafshgari *et al.*, “Intracellular Drug Delivery with Anodic Titanium Dioxide Nanotubes and Nanocylinders,” *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 11, no. 16, hal. 14980–14985, Apr 2019.
- [8] M. Wulandari, Astuti, dan M. Muldarisnur, “Sintesis Nanopartikel TiO₂-SiO₂ Berpori Sebagai Fotokatalis untuk Penjernihan Air Limbah Rumah Tangga Title,” *J. Fis. Unand*, vol. 7, no. 1, hal. 33–38, 2018.
- [9] I. Arora, H. Chawla, A. Chandra, S. Sagadevan, dan S. Garg, “Advances in the strategies for enhancing the photocatalytic activity of TiO₂: Conversion from UV-light active to visible-light active photocatalyst,” *Inorg. Chem. Commun.*, vol. 143, hal. 109700, Sep 2022.
- [10] R. Ghamarpoor, A. Fallah, dan M. Jamshidi, “Investigating the use of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles on the amount of protection against UV irradiation,” *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 9793, hal. 1–

- 12, 2023.
- [11] M. Raeisi *et al.*, “Superhydrophobic cotton fabrics coated by chitosan and titanium dioxide nanoparticles with enhanced antibacterial and UV-protecting properties,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 171, hal. 158–165, Feb 2021.
- [12] M. E. El-Naggar, T. I. Shaheen, S. Zaghoul, M. H. El-Rafie, dan A. Hebeish, “Antibacterial Activities and UV Protection of the in Situ Synthesized Titanium Oxide Nanoparticles on Cotton Fabrics,” *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 55, no. 10, hal. 2661–2668, Mar 2016.
- [13] M. A. Irshad *et al.*, “Synthesis, characterization and advanced sustainable applications of titanium dioxide nanoparticles: A review,” *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 212, hal. 111978, Apr 2021.
- [14] D. A. H. Hanaor dan C. C. Sorrell, “Review of the anatase to rutile phase transformation,” *J. Mater. Sci.*, vol. 46, no. 4, hal. 855–874, 2011.
- [15] H. Shi, R. Magaye, V. Castranova, dan J. Zhao, “Titanium dioxide nanoparticles: a review of current toxicological data,” *Part. Fibre Toxicol.*, vol. 10, no. 1, hal. 15, 2013.
- [16] X. Chen dan A. Selloni, “Introduction: Titanium Dioxide (TiO₂) Nanomaterials,” *Chem. Rev.*, vol. 114, no. 19, hal. 9281–9282, Okt 2014.
- [17] A. Haider, Z. N. Jameel, dan Y. Taha, *Synthesis and Characterization of TiO₂ Nanoparticles via Sol-Gel Method by Pulse Laser Ablation*. 2015.
- [18] D. R. Eddy *et al.*, “Heterophase Polymorph of TiO₂ (Anatase, Rutile, Brookite, TiO₂ (B)) for Efficient Photocatalyst: Fabrication and Activity.,” *Nanomater. (Basel, Switzerland)*, vol. 13, no. 4, Feb 2023.
- [19] A. D. Racovita, “Titanium Dioxide: Structure, Impact, and Toxicity.,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 9, Mei 2022.
- [20] A. J. Haider, Z. N. Jameel, dan I. H. M. Al-Hussaini, “Review on: titanium dioxide applications,” *Energy Procedia*, 2019.
- [21] P. Singh Jassal, D. Kaur, R. Prasad, dan J. Singh, “Green synthesis of titanium dioxide nanoparticles: Development and applications,” *J. Agric. Food Res.*, vol. 10, hal. 100361, Des 2022.
- [22] R. C. Roemer dan R. Borchardt, *Meaningful metrics: A 21st century librarian’s guide to bibliometrics, altmetrics, and research impact*. Amer Library Assn, 2015.
- [23] J. A. Wallin, “Bibliometric Methods: Pitfalls and Possibilities,” *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.*, vol. 97, no. 5, hal. 261–275, Nov 2005.
- [24] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, dan W. M. Lim, “How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines,” *J. Bus. Res.*, vol. 133, hal. 285–296, Sep 2021.
- [25] M. A. Rojas-Sánchez, P. R. Palos-Sánchez, dan J. A. Folgado-Fernández, “Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, no. 1, hal. 155–192, 2023.
- [26] R. F. Martinez-Gazoni, M. W. Allen, dan R. J. Reeves, “Conductivity and transparency limits of Sb-doped Sn O₂ grown by molecular beam epitaxy,” *Phys. Rev. B*, vol. 98, no. 15, hal. 1–10, 2018.
- [27] M. F. Fakhrurozi dan A. B. D. Nandiyanto, “Analisis Bibliometrik Penelitian Nanopartikel Mangan dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2022,” *Jumantara J. Manaj. dan Teknol. Rekayasa*, vol. 2, no. 2, hal. 1, 2023.
- [28] P. Jacso, “Google Scholar: The pros and the cons,” *Online Inf. Rev.*, vol. 29, hal. 208–214, Apr 2005.
- [29] R. Vine, “Google Scholar.,” *Journal of the Medical Library Association*, vol. 94, no. 1. hal. 97–99, Jan-2006.
- [30] R. M. F. Idat dan A. B. D. Nandiyanto, “Bibliometric Computational Mapping Analysis of Publications on Zirconium Nanoparticles,” *Jumantara J. Manaj. dan Teknol. Rekayasa*, vol. 2, no. 2, hal. 12, 2023.
- [31] P. Jacsó, “Calculating the h-index and other bibliometric and scientometric indicators from Google Scholar with the Publish or Perish software,” *Online Inf. Rev.*, vol. 33, no. 6, hal. 1189–1200, Jan 2009.
- [32] A. B. D. Nandiyanto dan D. F. Al Husaeni, “A bibliometric analysis of materials research in Indonesian journal using VOSviewer,” *J. Eng. Res.*, vol. 9, hal. 1–16, 2021.
- [33] D. F. Al Husaeni dan A. B. D. Nandiyanto, “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 J. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 1, hal. 19–46, 2022.
- [34] N. J. van Eck dan L. Waltman, “Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping,” *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, hal. 523–538, Agu 2010.
- [35] N. J. van Eck dan L. Waltman, “Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer,” *Scientometrics*, vol. 111, no. 2, hal. 1053–1070, 2017.
- [36] J. Beel dan B. Gipp, “Google Scholar’s ranking algorithm: an introductory overview,” in *Proceedings of the 12th international conference on scientometrics and informetrics (ISSI’09)*, 2009, vol. 1, hal. 230–241.

- [37] A.-W. Harzing, "Metrics: h and g-index," *Harzing.com Research in International Management*, 2016. [Daring]. Tersedia pada: <https://harzing.com/resources/publish-or-perish/tutorial/metrics/h-and-g-index>.
- [38] M. Raeesi, Y. Kazerouni, A. Mohammadi, dan ..., "Superhydrophobic cotton fabrics coated by chitosan and titanium dioxide nanoparticles with enhanced antibacterial and UV-protecting properties," *Int. J. ...*, 2021.
- [39] A. Sivakumar, R. Murugan, K. Sundaresan, dan S. Periyasamy, "UV protection and self-cleaning finish for cotton fabric using metal oxide nanoparticles," 2013.
- [40] Q. Xu, P. Wang, Y. Zhang, dan C. Li, "Durable Antibacterial and UV Protective Properties of Cotton Fabric Coated with Carboxymethyl Chitosan and Ag/TiO₂ Composite Nanoparticles," *Fibers Polym.*, vol. 23, no. 2, hal. 386–395, 2022.
- [41] L. Karimi, M. E. Yazdanshenas, R. Khajavi, A. Rashidi, dan M. Mirjalili, "Functional finishing of cotton fabrics using graphene oxide nanosheets decorated with titanium dioxide nanoparticles," *J. Text. Inst.*, vol. 107, no. 9, hal. 1122–1134, Sep 2016.
- [42] F. Akhavan Sadr dan M. Montazer, "In situ sonosynthesis of nano TiO₂ on cotton fabric," *Ultrason. Sonochem.*, vol. 21, no. 2, hal. 681–691, Mar 2014.
- [43] S. Riaz, M. Ashraf, T. Hussain, M. T. Hussain, dan ..., "Fabrication of robust multifaceted textiles by application of functionalized TiO₂ nanoparticles," *Colloids Surfaces A ...*, 2019.
- [44] B. Wang, Y. Duan, dan J. Zhang, "Titanium dioxide nanoparticles-coated aramid fiber showing enhanced interfacial strength and UV resistance properties," *Mater. Des.*, vol. 103, hal. 330–338, Agu 2016.
- [45] S. Li, T. Zhu, J. Huang, Q. Guo, G. Chen, dan Y. Lai, "Durable antibacterial and UV-protective Ag/TiO₂@ fabrics for sustainable biomedical application," *Int. J. Nanomedicine*, vol. 12, no. null, hal. 2593–2606, Mar 2017.
- [46] L. M. Anaya-Esparza, Z. V. la Mora, dan ..., "Use of Titanium Dioxide (TiO₂) Nanoparticles as Reinforcement Agent of Polysaccharide-Based Materials," *Processes*, 2020.
- [47] M. Radetić, "Functionalization of textile materials with TiO₂ nanoparticles," *J. Photochem. Photobiol. C Photochem. Rev.*, vol. 16, hal. 62–76, 2013.
- [48] A. Ojstršek, K. S. Kleinschek, dan D. Fakin, "Characterization of nano-sized TiO₂ suspensions for functional modification of polyester fabric," *Surf. Coatings Technol.*, vol. 226, hal. 68–74, Jul 2013.
- [49] A. Farouk, S. Sharaf, dan M. M. Abd El-Hady, "Preparation of multifunctional cationized cotton fabric based on TiO₂ nanomaterials," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 61, hal. 230–237, Okt 2013.
- [50] M. T. Noman, M. A. Ashraf, H. Jamshaid, dan A. Ali, "A Novel Green Stabilization of TiO₂ Nanoparticles onto Cotton," *Fibers Polym.*, vol. 19, no. 11, hal. 2268–2277, 2018.
- [51] M. N. Morshed, X. Shen, H. Deb, S. Al Azad, dan ..., "Sonochemical fabrication of nanocrystalline titanium dioxide (TiO₂) in cotton fiber for durable ultraviolet resistance," *J. Nat. ...*, 2018.
- [52] A. Mishra, H. S. Mohapatra, dan ..., "Imparting protection against UV radiations using in situ coating of titanium dioxide on textiles," *International Letters of ... scholar.archive.org*, 2019.
- [53] L. Cai, H. Shao, X. Hu, dan Y. Zhang, "Reinforced and Ultraviolet Resistant Silks from Silkworms Fed with Titanium Dioxide Nanoparticles," *ACS Sustain. Chem. Eng.*, vol. 3, no. 10, hal. 2551–2557, Okt 2015.
- [54] J. Yu *et al.*, "Cotton fabric finished by PANI/TiO₂ with multifunctions of conductivity, anti-ultraviolet and photocatalysis activity," *Appl. Surf. ...*, 2019.
- [55] N. Veronovski, M. Lešnik, A. Lubej, dan D. Verhovšek, "Surface treated titanium dioxide nanoparticles as inorganic UV filters in sunscreen products.," *Acta Chim. Slov.*, vol. 61, no. 3, 2014.
- [56] B. Dréno, A. Alexis, B. Chuberre, dan M. Marinovich, "Safety of titanium dioxide nanoparticles in cosmetics," *J. Eur. Acad. Dermatology Venereol.*, vol. 33, no. S7, hal. 34–46, Nov 2019.
- [57] N. J. Van Eck dan L. Waltman, "VOSviewer Manual," *Leiden: Univeriteit Leiden*, vol. 1, no. 1, hal. 1–54, 2023.
- [58] D. F. Al Husaeni dan A. B. D. Nandiyanto, "Bibliometric computational mapping analysis of publications on mechanical engineering education using vosviewer," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 17, no. 2, hal. 1135–1149, 2022.