

## ***Bibliometric Analysis Atas Artikel Terindeks Scopus Terkait Penggunaan Nanotechnology dan Nano Fertilizer***

**Finda Rismayanti<sup>1\*</sup>, Sinta Ningrum<sup>2</sup>, dan Ida Widianingsih<sup>2</sup>**  
Magister Kebijakan Publik, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia<sup>1\*</sup>  
Ilmu Sosial Politik, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia<sup>2</sup>  
**\*finda21001@mail.unpad.ac.id**

### ***OPEN ACCESS***

**Citation:** Finda Rismayanti, Sinta Ningrum, dan Ida Widianingsih. 2023. *Bibliometric Analysis Atas Artikel Terindeks Scopus Terkait Penggunaan Nanotechnology dan Nano Fertilizer*. *Journal of Research and Technology* Vol. 9 No. 2 Desember 2023: Page 119–131.

### ***Abstract***

*This research is a bibliometric analysis with the keywords "nanotechnology, AND fertilizer" from Scopus-indexed articles published from 2005 to 2023. This research aims to find out what researched topics are related to these keywords. The data obtained was then processed and analyzed using VOSviewer software and co-occurrence visualization. Based on the results of the analysis, it was found that research trends related to the topic of nanotechnology and nano fertilizers have developed significantly, from 2 articles in 2005 to 56 articles in 2022 and currently (as of September 1, 2023) there are 50 articles. However, this topic has not been widely researched in the context of public policy. Future research on nanotechnology can use issues related to public policy, policy implementation, and studies of nano fertilizers in developing countries. This could be new in future research, perhaps even applied to Indonesian agriculture.*

**Keywords:** *Nanotechnology, Fertilizer, Nano Fertilizer, Public Policy.*

### ***Abstrak***

*Penelitian ini merupakan bibliometric analysis dengan kata kunci "nanotechnology, AND fertilizer" dari artikel terindeks Scopus yang dipublikasikan dari tahun 2005 sampai tahun 2023 Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui topik apa saja yang pernah diteliti berkaitan dengan kata kunci tersebut. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis menggunakan software VOSviewer dan visualisasi co-occurrence. Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa tren penelitian yang terkait dengan topik nanotechnology dan berkembang signifikan, dari 2 artikel pada 2005 kemudian tahun 2022 sebanyak 56 artikel dan saat ini (per 1 September 2023) sebanyak 50 artikel. Namun demikian, topik tersebut belum banyak diteliti dalam konteks kebijakan publik. Penelitian mengenai nanotechnology di masa depan dapat menggunakan isu yang terkait dengan kebijakan publik, implementasi kebijakan dan kajian mengenai nano fertilizer pada negara berkembang. Hal tersebut dapat menjadi*

*kebaruan dalam penelitian yang selanjutnya, bahkan mungkin dapat diterapkan pada pertanian Indonesia.*

**Kata Kunci:** *Nanotechnology, Fertilizer, Nano Fertilizer, Kebijakan Publik.*

## 1. Pendahuluan

Saat ini, dunia dihadapkan pada bayang-bayang terjadinya krisis pangan global. Berdasarkan laporan FAO diketahui bahwa pada tahun 2020 diperkirakan 720 hingga 811 juta umat manusia di dunia tengah menghadapi kelaparan, jumlah tersebut meningkat lebih besar 161 juta orang daripada tahun 2019 dan 2,37 miliar orang tidak memiliki akses ke pangan yang cukup (FAO, 2021). Hal tersebut disebabkan pandemi Covid-19 yang baru saja mereda, serta penyerangan Rusia terhadap Ukraina pada Februari 2022 lalu. Komitmen dunia internasional untuk mewujudkan ketahanan pangan tertuang dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030 Tujuan Nomor 2 yaitu menghilangkan kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan gizi yang baik, serta meningkatkan pertanian berkelanjutan.

Indonesia sendiri belum didukung dengan kemandirian pangan. Selama lebih dari 20 tahun terakhir ini masih memiliki ketergantungan terhadap impor pangan, termasuk beras. Data impor beras pada tahun 2021 sebesar 407,741 ribu ton menjadi 429,207 ribu ton atau senilai 202,04 juta US\$ pada tahun 2022 (Badan Pusat Statistik, 2022). Oleh karena itu, Pemerintah menerapkan berbagai kebijakan, salah satunya adalah kebijakan pertanian melalui pemberian pupuk bersubsidi. Bantuan pupuk bersubsidi sudah dilakukan Pemerintah sejak tahun 1970-an. Tujuan dari kebijakan tersebut diantaranya adalah untuk mewujudkan petani yang sejahtera dan dapat menerapkan pemupukan yang berimbang sesuai kebutuhan, meningkatkan produktivitas dan produksi pangan nasional, serta mendukung peningkatan ketahanan pangan (Darwis & Supriyati, 2013; Suryana et al., 2016). Dalam Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) kategori anggaran belanja subsidi non energi, subsidi pupuk memiliki porsi terbesar (Kementerian Keuangan, 2022) Pada tahun 2022 sebesar Rp72,9 triliun rupiah (34,70%) digunakan untuk mensubsidi pupuk. Meski demikian, tingkat kesejahteraan petani padi yang diukur melalui indeks nilai tukar petani tanaman pangan (NTPP) subsektor tanaman pangan pada tahun 2021 secara keseluruhan berada di bawah 100. Nilai tersebut berarti petani mengalami defisit, pendapatan petani lebih kecil dari pengeluarannya karena kenaikan harga produksi lebih kecil dibandingkan dengan kenaikan harga barang konsumsinya. Ketersediaan pangan tentu erat kaitannya dengan peningkatan produksi pertanian.

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan tercantum adanya penelitian dan pengembangan pangan yang dilakukan untuk memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi Pangan serta menjadi dasar dalam merumuskan kebijakan Pangan yang mampu meningkatkan Kedaulatan Pangan, Kemandirian Pangan, dan Ketahanan Pangan. Hal tersebut dilakukan salah satunya dengan merekayasa inovasi teknologi sehingga mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan daya saing, serta melestarikan keanekaragaman hayati. Untuk meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman padi yang dapat mempengaruhi peningkatan kesejahteraan petani, maka pemerintah perlu melakukan terobosan

terhadap kebijakan input pertanian. Salah satunya dengan menggunakan inovasi teknologi di bidang pertanian (Rachmawati, 2021; S. & Sukarman, 2020).

Istilah *nanotechnology* pertama kali digunakan oleh Prof. Norio Taniguchi (1974), seorang ahli fisika dari Tokyo Science University, tahun 1974 dalam makalahnya yang berjudul “*On the basic concept of ‘nano-technology’*” (Stinnett, 2012). Pada tahun 1980-an, Dr. K. Eric Drexler (1986), seorang ahli di bidang *nanotechnology* molekuler, mengeksplorasi lebih jauh lagi istilah *nanotechnology* melalui bukunya yang berjudul “*Engines of creation: the coming era of nanotechnology*” (Wilsdon, 2004). Dalam buku tersebut disebutkan bahwa istilah “nanoteknologi” dan “teknologi molekuler” dapat digunakan secara bergantian untuk menggambarkan teknologi baru yang menangani atom dan molekul individu dengan kontrol dan ketepatan. Cara kerja nanoteknologi antara lain dengan melakukan monitoring kondisi tanah seperti perakaran kemudian dilakukan aplikasi langsung ke target sehingga tidak ada yang terbuang (Yanuar & Widawati, 2014). Penerapan nanoteknologi dalam bidang pertanian salah satunya dengan formulasi nano agrokimia untuk penerapan pestisida dan pupuk pada tanaman (Pérez-de-Luque & Hermosín, 2013). Salah satu inovasi nanoteknologi yang lain adalah terciptanya *nano fertilizer* yang terdiri dari nano partikel yang mengandung unsur makro dan mikro yang dikirim ke rizofe tanaman secara bertahap dan stabil, sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil, kualitas dan efisiensi penggunaan unsur hara (Nongbet et al., 2022). *Nano fertilizer* adalah generasi baru pupuk yang memanfaatkan nanoteknologi sebagai metode pemupukan yang efisien dan menawarkan keunggulan dibanding pupuk konvensional untuk pertanian berkelanjutan dan ketahanan pangan global (Yadav et al., 2023).

Penulis bermaksud untuk menggali lebih dalam bagaimana *nanotechnology*, khususnya *nano fertilizer*, dengan menggunakan metode *bibliometric analysis* pada artikel terindeks Scopus. Broadus (1987) dan Pritchard (1969) menyatakan bahwa metode bibliometrik merangkum penggunaan teknik kuantitatif yaitu dengan *bibliometric analysis*, misalnya analisis analitis kutipan pada data bibliometrik seperti unit publikasi dan kutipan (Donthu et al., 2021). Metode ini menganalisis hubungan sosial dan struktural antara unsur-unsur penting antar penelitian yang berbeda, seperti topik, penulis, negara, dan institusi. *Bibliometric analysis* tampaknya dipandang sebagai hal yang berharga untuk mengevaluasi karya ilmiah dan berguna bagi komunitas profesional bukan hanya alat akademis bagi ahli bibliometri (Ellegaard & Wallin, 2015). Metode ini pernah digunakan untuk melihat karakteristik penelitian mengenai Kebijakan Publik di Indonesia selama tahun 2011-2021 yang ditulis baik oleh penulis asing maupun Indonesia (Aswin et al., 2022). Dengan menggunakan metode tersebut, penulis berharap dapat memperoleh pembelajaran tentang penerapan *nanotechnology* dan *nano fertilizer*, bagaimana negara-negara berkembang membahas topik tersebut dan menerapkannya tidak hanya pada bidang pertanian, namun juga dengan melihat hubungannya dengan studi Kebijakan Publik. Dengan demikian, diperoleh juga gambaran bagaimana jika *nanotechnology*, khususnya *nano fertilizer*, tersebut diterapkan di Indonesia.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *bibliometric analysis*. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah artikel atau publikasi internasional terindeks Scopus yang berkaitan dengan *nanotechnology*, khususnya *nano fertilizer*. Data diperoleh dari Scopus yang diakses terakhir pada September 2023. Penulis menggunakan kata kunci “*nanotechnology and fertilizer*” yang memunculkan 927 artikel. Selanjutnya hasil tersebut disaring dengan pembatasan *document type: article, publication stage: final, source type: journal, language: English, year: 2005 – 2023*. Dari penyaringan tersebut, dihasilkan 304 artikel yang kemudian diunduh dan diolah dengan *softwear* VOSviewer dengan perintah sebagai berikut.

*Create a map based on bibliographic data*

*Read data from reference manager files (RIS data downloaded from Scopus)*

*Type of analysis: co-occurrence*

*Counting method: full counting Minimum number of occurrences of a keyword: 5*

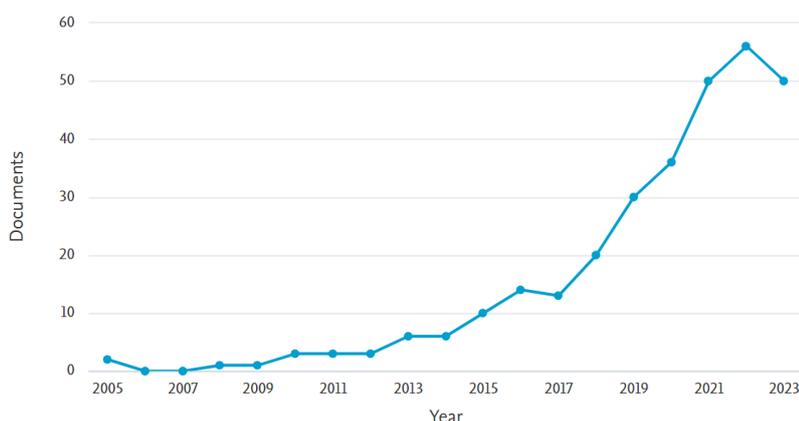
*Number of keyword to be selected: 269*

## 3. Hasil dan Diskusi

### 3.1 Jumlah Publikasi dengan Kata Kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” Tahun 2005-2023

Jumlah dari publikasi dengan kata kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” tahun 2005-2023 menunjukkan tren kenaikan dari 2 artikel pada 2005 kemudian tahun 2022 sebanyak 56 artikel dan saat ini (per 1 September 2023) sebanyak 50 artikel. *Agricultural and Biological Science* adalah area subyek topik dengan publikasi terbanyak dengan jumlah 120 artikel. Diikuti oleh *Environtmental Science* sebanyak 98 artikel. Sedangkan area subyek yang berhubungan dengan *Social Science* dari tahun 2005-2023 hanya berjumlah 8 artikel.

Documents by year



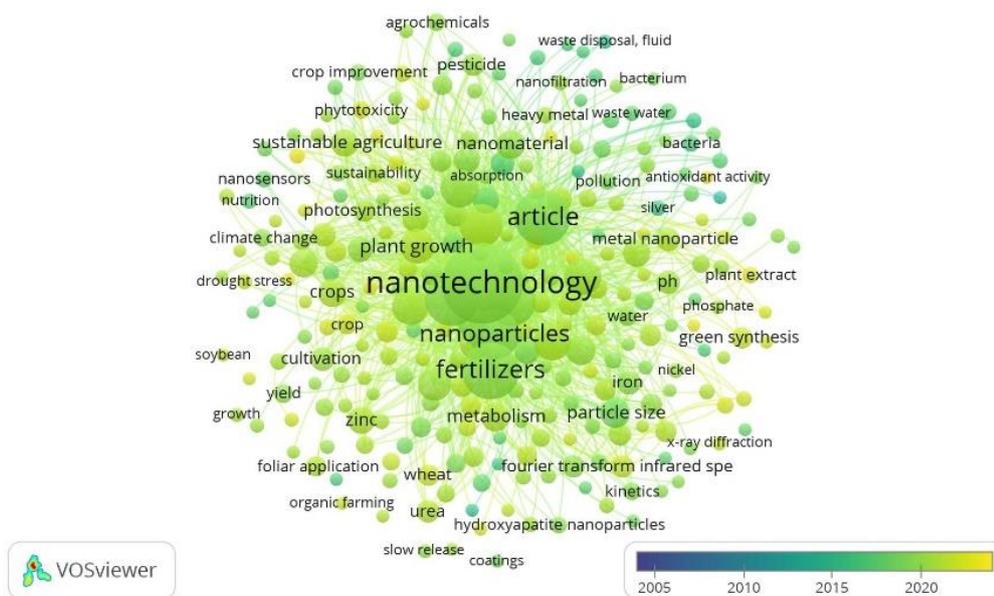
Gambar 1. Tren Publikasi dengan Kata Kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*”

### 3.2 Analisis Konten dari Kata Kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” Berdasarkan Hasil Publikasi

Analisis konten dilakukan dari 304 artikel dengan mencari berdasarkan relevansinya. Selanjutnya, analisis *co-occurrence* dengan VOSviewer menggunakan “all keyword” unit



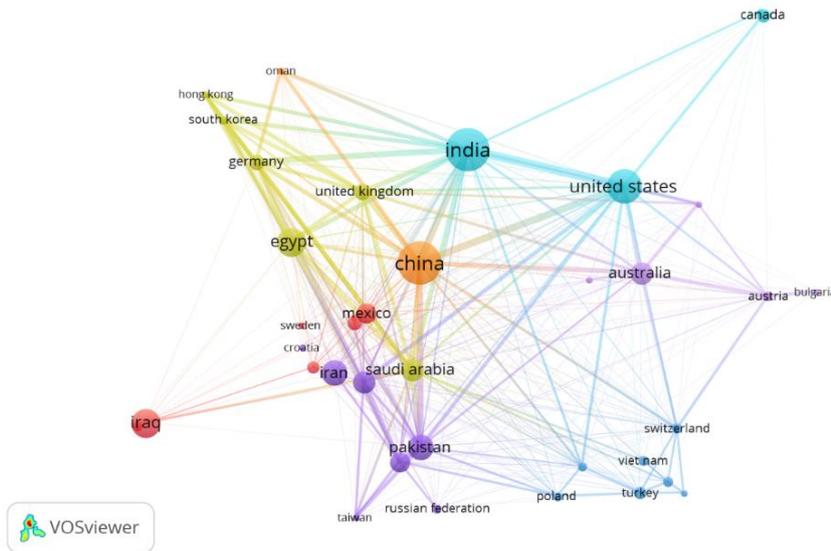
Gambar selanjutnya menunjukkan *overlay visualization*, yaitu jejak histori penelitian. *Overlay visualization* yang ditunjukkan Gambar 3 berasal dari literatur dengan kata kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” dengan rata-rata jumlah publikasi dari 2005 ke 2022. Dari warna terlihat bahwa penelitian yang berhubungan dengan kata kunci tersebut baru banyak dilakukan di atas tahun 2020. Meskipun makalah pertama yang diterbitkan tentang *nanotechnology* dan *nano fertilizer* didasarkan pada sumber data Scopus, namun belum menjadi referensi untuk artikel yang diterbitkan kemudian. Topik *nanotechnology* dan *nano fertilizer* tampaknya belum begitu menarik perhatian para peneliti dunia, hal ini terlihat dari jumlah publikasi internasional yang membahas topik ini. Artikel kedua yang diterbitkan dan diindeks oleh Scopus tentang topik ini diterbitkan tiga tahun kemudian, yaitu pada tahun 2008. Tren publikasi topik ini juga tidak terlalu bagus. Topik ini mulai banyak dibahas dalam artikel terindeks Scopus setelah tahun 2015. Analisis bibliografi dari 304 artikel terkait mengungkapkan bahwa artikel pertama diterbitkan pada tahun 2005 dalam Jurnal *Materials Today*, Volume 8, Edisi 5, 2005, Halaman 14-15, dengan judul “*Tiny Technologies for the Global Good*”. Artikel ini memberikan perspektif tentang manfaat *nanotechnology* kepada publik dan mendorong pemerintah untuk menyeimbangkan resiko dan manfaat *nanotechnology* untuk publik.



Gambar 3. *Overlay visualization* dari dengan kata kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*”

Selanjutnya, *density visualization* digunakan untuk melihat bagian riset yang masih jarang dilakukan. Gambar 4 menunjukkan bahwa penelitian dengan kata kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” belum memiliki hubungan yang signifikan dengan topik kebijakan publik misalnya seperti ketahanan pangan. Walaupun muncul dalam kluster, studi ini tidak secara luas terhubung. Penelitian mengenai *nanotechnology* di masa depan dapat menggunakan isu yang terkait dengan kebijakan publik, implementasi kebijakan dan kajian mengenai *nano fertilizer* pada negara berkembang. Hal tersebut dapat menjadi kebaruan dalam penelitian yang dilakukan selanjutnya.





Gambar 5. Klaster jaringan berdasarkan afiliasi negara penyusun artikel dengan kata kunci “nanotechnology, AND fertilizer”

Ada empat perguruan tinggi yang berafiliasi dengan penulis yang menggunakan topik *nanotechnology* dan *nano fertilizer* berdasarkan jumlah makalah (*total paper/TP*) yang diterbitkan oleh penulis afiliasi kelembagaan. *Chinese Academy of Sciences* adalah institusi dengan jumlah makalah terbanyak (10) dengan 81 afiliasi (*total affiliation/TA*), menjadi referensi untuk 88 sitasi (*total citation/TC*). Namun jika dilihat dari kualitas artikel yang diukur dengan *total citation/total paper* (*TC/TP*), artikel yang diterbitkan oleh penulis dari lembaga terafiliasi di *Consiglio Nazionale Delle Ricerche* memberikan hasil terbaik, yaitu 60.3 (menunjukkan bahwa satu artikel memiliki kutipan rata-rata 60 kali). Sementara itu, berdasarkan kegiatan kolaboratif dalam menghasilkan makalah, *Chinese Academy of Sciences* merupakan institusi dengan skor kolaboratif *total affiliation/total paper* (*TA/TP*) terbesar, yaitu 8.1 (menunjukkan bahwa satu makalah ditulis secara kolaboratif oleh 8 orang).

Tabel 1. Lima Besar Perguruan Tinggi yang Berafiliasi dengan Penulis Topik *Nanotechnology* dan *Nano Fertilizer* (Skor TP dan TC/TP Tinggi)

Rank	Institutions	TP	TA	TC	TC/TP	TA/TP
1 <sup>st</sup>	Chinese Academy of Sciences	10	81	88	8.8	8.1
2 <sup>st</sup>	University of Baghdad	10	16	27	2.7	1.6
3 <sup>st</sup>	National Research Centre	8	26	56	7	3.25
4 <sup>st</sup>	Cairo University	6	24	300	50	4
5 <sup>st</sup>	Consiglio Nazionale Delle Ricerche	6	44	362	60.3	7.3

Sedangkan artikel dengan topik *nanotechnology* dan *nano fertilizer* yang berada dalam ruang lingkup ilmu sosial hanya berjumlah 8 artikel. Ini menunjukkan bahwa kedepannya penelitian dengan topik tersebut jika dihubungkan dengan bidang ilmu sosial akan menjadi temuan-temuan baru.

Tabel 2. Artikel dengan Kata Kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” dalam Bidang Ilmu Sosial

No	Judul	Hasil	Kata Kunci
1	<i>Scallion Peel Mediated Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles and Their Applications as Nano fertilizer and Photocatalyst for Removal of Organic Pollutants from Wastewater</i>	Peneliti telah mensintesis nanopartikel seng oksida menggunakan ekstrak kulit daun bawang untuk menilai potensinya sebagai <i>micronutrien</i> bagi tanaman dan <i>nano-adsorben</i> . Benih yang ditanam dengan nano partikel tersebut menunjukkan daya kecambah dan pembibitan yang lebih baik (Soltani et al., 2023).	<i>antibiotics, photocatalytic, simulated wastewater, pring onion, wastewater</i>
2	<i>Nano-fertilizers: A sustainable technology for improving crop nutrition and food security</i>	<i>Nano fertilizer</i> dari kitosan memiliki manfaat dan keunggulan untuk memaksimalkan hasil panen, dibanding pupuk sintesis. Manfaat ini masih memerlukan pengembangan dalam penerapannya. Dampak kesehatan dari <i>nanomaterial</i> dalam makanan juga menjadi kepentingan publik yang harus diperhatikan (Jakhar et al., 2022).	<i>Adsorption, conventional fertilizers, nano-carrier, nano-encapsulation, nano-fertilizers, nutrient use</i>
3	<i>Nanotechnology-enabled biofortification strategies for micronutrients enrichment of food crops: Current understanding and future scope</i>	Penelitian berupa tinjauan literatur yang berfokus pada potensi bahan nano pada genetika tanaman dalam biofortifikasi, serta masalah keterjangkauan, keberlanjutan dan toksisitas. Disimpulkan bahwa pendekatan berbasis nanoteknologi membantu mencapai makanan yang diperkaya nutrisi. Biaya dan manfaat ekonominya harus dievaluasi secara penuh dalam analisis siklus hidup. Penelitian masih harus ditingkatkan untuk memenuhi permintaan akan	<i>biofortification, hidden hunger, nano fertilizers, nanotechnology, sustainable agriculture</i>

No	Judul	Hasil	Kata Kunci
		ketahanan pangan dan gizi global (Kapoor et al., 2022).	
4	<i>Effect of engineered nanoparticles on soil biota: Do they improve the soil quality and crop production or jeopardize them</i>	Artikel ini membahas dampak buruk nanopartikel rekayasa ( <i>engineered nanoparticles/ENP</i> ). Ditemukan hasil yang kontradiktif. Nanomaterial dapat mengubah sifat fisikokimia dan biologi tanah. Diperlukan uji lapangan jangka panjang. Sementara itu, penerapannya harus dibatasi pada eksperimen ilmiah agar tidak membahayakan produksi pangan global atau lingkungan dan kesehatan (Pérez-Hernández et al., 2020).	<i>crop production, engineered anomaterials, microbial communities, nontarget organisms, soil organisms, sustainable development</i>
5	<i>Reduced expression of iron transport and homeostasis genes in Pseudomonas fluorescens during iron uptake from nanoscale iron</i>	Penelitian ini menyelidiki dampak berbagai konsentrasi besi (Fe) berskala nano ( <i>Microscale Zero Valent Iron/ MZVI</i> ). Hasil menunjukkan MZVI berpengaruh positif dalam pertumbuhan tanaman. Penelitian ini membuka peluang penelitian lebih lanjut terkait pengaruh Fe dan <i>micronutrient</i> lain yang berasal dari bahan nano, khususnya oligotrofik (Sinha et al., 2018).	<i>bacterioferritin-associated ferredoxin, EDS, Iron acquisition, NZVI, P. fluorescens, pyoverdine biosynthesis gene pvdS, qRT-PCR, Siderophore production, TEM</i>
6	<i>Using nanotechnology for enhancing phosphorus fertilizer use efficiency of peanut bean grown in sandy soils</i>	Peneliti melakukan percobaan untuk mempelajari pengaruh penggunaan nano-zeolit fosfor, fosfor zeolite dan pupuk superfosfat biasa. Penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan pupuk yang terorganisir dapat ditingkatkan dengan penggunaan sumber nano (Hagab et al., 2018).	<i>fertilizer recovery efficiency, nano-zeolite phosphorus, peanut, zeolite phosphorus</i>
7	<i>Size-controlled synthesis of chitosan nanoparticles and their structural characterization</i>	Fokus penelitian ini adalah pengembangan metode sintesis ukuran terkontrol bahan kimia pertanian. Nano partikel kitosan berhasil disintesis dan dapat	<i>biomaterial, nanoscale, polymer</i>

No	Judul	Hasil	Kata Kunci
		digunakan sebagai media pelepasan senyawa agrokimia secara terkendali dalam tanah (Quiñones-Méndez et al., 2014).	
8	<i>Governing Planetary Nanomedicine: Environmental Sustainability and a UNESCO Universal Declaration on the Bioethics and Human Rights of Natural and Artificial Photosynthesis (Global Solar Fuels and Foods)</i>	Artikel ini mencari langkah praktis untuk penggunaan <i>nanomedicine</i> yang melibatkan penerapan fotosintesis buatan, termasuk Deklarasi Universal UNESCO tentang Bioetika dan HAM atas Fotosintesis Alam dan Buatan (Faunce, 2012).	<i>anthropocene, artificial photosynthesis, bioethics, environmental ethics, environmental sustainability, human rights, nanoethics, nanotechnology, planetary medicine, public health ethics, renewable energy, solar fuels, sustainocene, UNESCO</i>

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil *bibliometric analysis* atas artikel yang diperoleh dari Scopus, penelitian dengan kata kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” berkembang signifikan dalam rentang tahun 2005-2023. Hal ini terlihat dari jumlah yang terus meningkat atas penerbitan artikel dengan topik tersebut. Kata kunci lain yang berkaitan dan sering muncul antara lain *nanoparticles, food safety, food security, particle size, iron, article, controlled study, plant growth, germination, fertilizer application, zinc, environmental impact, dan toxicity*. Dapat dilihat, penelitian dengan kata kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” belum memiliki hubungan yang signifikan dengan topik kebijakan publik. Meski muncul dalam kluster, studi ini tidak secara luas terhubung.

Berdasarkan metadata wilayah penelitian, ada 58 negara asal penulis. Negara yang paling banyak mempublikasikan artikel dengan kata kunci “*nanotechnology, AND fertilizer*” adalah China. Sedangkan dalam hal negara asal, India terdaftar sebagai negara dengan afiliasi penulis terbanyak dengan menghasilkan 42 artikel.

Dari hal-hal di atas dapat disimpulkan bahwa penelitian yang telah dilakukan pada topik *nanotechnology* dan *nano fertilizer* lebih banyak berfokus kepada perkembangan penggunaannya dalam sains. Jika dikaitkan dengan bidang ilmu sosial, khususnya kebijakan publik, penelitian dalam topik ini masih sedikit. Oleh karena itu, ada potensi keterbaruan jika penelitian dengan topik *nanotechnology* dan *nano fertilizer* dihubungkan secara luas dan langsung dengan studi kebijakan publik. Misalnya penelitian tentang penggunaan *nanotechnology* dan *nano fertilizer* pada negara berkembang untuk mendukung ketahanan pangan, formulasi dan implementasi atas kebijakannya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aswin, A., Ahad, M. P. Y., Silitonga, M. C. A., & Gusparirin, R. (2022). Bibliometric Analysis of Public Policy Research in Indonesia 2011-2021. *Journal of Local Government Issues*, 5(2), 80–96. <https://doi.org/10.22219/logos.v5i2.21704>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Data Impor Beras*. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1043/impor-beras-menurut-negara-asal-utama-2000-2017.html>
- Darwis, V., & Supriyati, N. (2013). Subsidi Pupuk: Kebijakan, Pelaksanaan, dan Optimalisasi Pemanfaatannya. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 11(1), 45. <https://doi.org/10.21082/akp.v11n1.2013.45-60>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133(May), 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*, 105(3), 1809–1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>
- FAO. (2021). *Food Security and Nutrition in the World Security, Improved Nutrition and Affordable Healthy Diets for All*. the Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Faunce, T. (2012). Governing Planetary Nanomedicine: Environmental Sustainability and a UNESCO Universal Declaration on the Bioethics and Human Rights of Natural and Artificial Photosynthesis (Global Solar Fuels and Foods). *NanoEthics*, 6(1), 15–27. <https://doi.org/10.1007/s11569-012-0144-4>
- Hagab, R. H., Kotp, Y. H., & Eissa, D. (2018). Using nanotechnology for enhancing phosphorus fertilizer use efficiency of peanut bean grown in sandy soils. *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research*, 8(3), 59–67.
- Jakhar, A. M., Aziz, I., Kaleri, A. R., Hasnain, M., Haider, G., Ma, J., & Abideen, Z. (2022). Nano-fertilizers: A sustainable technology for improving crop nutrition and food security. *NanoImpact*, 27(June), 100411. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2022.100411>
- Kapoor, P., Dhaka, R. K., Sihag, P., Mehla, S., Sagwal, V., Singh, Y., Langaya, S., Balyan, P., Singh, K. P., Xing, B., White, J. C., Dhankher, O. P., & Kumar, U. (2022). Nanotechnology-enabled biofortification strategies for micronutrients enrichment of food crops: Current understanding and future scope. *NanoImpact*, 26(May), 100407. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2022.100407>
- Kementerian Keuangan. (2022). *Buku II Nota Keuangan Beserta Rancangan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara Tahun Anggaran 2022*.
- Nongbet, A., Mishra, A. K., Mohanta, Y. K., Mahanta, S., Ray, M. K., Khan, M., Baek, K. H., & Chakrabarty, I. (2022). Nanofertilizers: A Smart and Sustainable Attribute to Modern Agriculture. *Plants*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/plants11192587>
- Pérez-de-Luque, A., & Hermosín, M. C. (2013). Nanotechnology and its Use in Agriculture. *Bio-Nanotechnology (Eds F. Shahidi, D. Bagchi, M. Bagchi, H. Moriyama and F. Shahidi)*. <https://doi.org/10.1002/9781118451915.ch20>
- Pérez-Hernández, H., Fernández-Luqueño, F., Huerta-Lwanga, E., Mendoza-Vega, J., & Álvarez-Solís José, D. (2020). Effect of engineered nanoparticles on soil biota: Do they improve the soil quality and crop production or jeopardize them? *Land Degradation and Development*, 31(16), 2213–2230. <https://doi.org/10.1002/ldr.3595>

- Quiñones-Méndez, A. M., Perales-Pérez, O., & Cedeño-Mattei, Y. (2014). Size-controlled synthesis of chitosan nanoparticles and their structural characterization. *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1685. <https://doi.org/10.1557/opl.2014.529>
- Rachmawati, R. R. (2021). Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri dan Moderen. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137–155.
- S., M. H., & Sukarman, S. (2020). Manfaat Inovasi Teknologi Sumberdaya Lahan Pertanian Dalam Mendukung Pembangunan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(2), 115. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v14n2.2020.115-132>
- Sinha, S., Das, T. K., Bezbaruah, A. N., & Fortuna, A. M. (2018). Reduced expression of iron transport and homeostasis genes in *Pseudomonas fluorescens* during iron uptake from nanoscale iron. *NanoImpact*, 12, 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2018.08.009>
- Soltani, S., Gacem, A., Choudhary, N., Yadav, V. K., Alsaedi, H., Modi, S., Patel, A., Khan, S. H., Cabral-Pinto, M. M. S., Yadav, K. K., & Patel, A. (2023). Scallion Peel Mediated Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles and Their Applications as Nano fertilizer and Photocatalyst for Removal of Organic Pollutants from Wastewater. *Water (Switzerland)*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/w15091672>
- Stinnett, R. (2012). Nanotechnology Policy and Education. *Journal of Business Ethics*, 109(4), 551–552. <https://doi.org/10.1007/s10551-012-1429-9>
- Suryana, A., Agustian, A., & Yofa, R. D. (2016). Alternatif Kebijakan Penyaluran Subsidi Pupuk Bagi Petani Pangan. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 14(1), 35–54.
- Wilsdon, J. (2004). The politics of small things: Nanotechnology, risk, and uncertainty. *IEEE Technology and Society Magazine*, 23(4), 16–21. <https://doi.org/10.1109/MTAS.2004.1371634>
- Yadav, A., Yadav, K., & Abd-Elsalam, K. A. (2023). Nanofertilizers: Types, Delivery and Advantages in Agricultural Sustainability. *Agrochemicals*, 2(2), 296–336. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2020019>
- Yanuar, F., & Widawati, M. (2014). Pemanfaatan Nanoteknologi Dalam Pengembangan Pupuk dan Pestisida Organik. *Litbang Kesehatan*.