

KAJIAN BIBLIOMETRIK PRODUK KOMBINASI HIDROGEL-OLEOGEL (*BIGELS*)

Muhammad Irfan Febriansyah¹, Nafisah Eka Puteri^{*2}

¹ Program Studi Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Teuku Umar, Aceh Barat

^{*2} Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Teuku Umar, Aceh Barat
email: ¹mirfanfebriansyah@utu.ac.id, ^{*2}nafisahekaputeri@utu.ac.id

Abstrak

Bigels, yang merupakan sistem koloid dengan kombinasi oleogel dan hidrogel, menunjukkan potensi besar dalam pengantaran dan pelepasan senyawa bioaktif, serta memiliki stabilitas fisikokimia yang lebih baik dibandingkan dengan emulsi dan gel lainnya. Bigels dapat mengangkut komponen lipofilik dan hidrofilik secara simultan, membuatnya ideal untuk aplikasi dalam produk kosmetik, obat, dan pangan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian bibliometrik guna memetakan tren penelitian bigels, mengidentifikasi topik dominan, dan menganalisis perkembangan terkini dalam bidang ini. Basis data publikasi dikumpulkan menggunakan istilah "bigels" dari Scopus dan dianalisis menggunakan Harzing's Publish or Perish dan VOSviewer. Hasil analisis menunjukkan 156 publikasi terkait bigels sejak 2008, dengan total 4.694 sitasi. Tren publikasi menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan fokus pada pemanfaatan bigels sebagai pengganti lemak, pembawa bahan aktif, serta dalam teknologi 3D printing. Kata kunci yang dominan mencakup oleogel, hidrogel, emulgels, dan aplikasinya di bidang farmasi serta kosmetik. Penelitian ini memberikan gambaran tentang arah penelitian bigels dan potensi aplikasinya, meskipun terdapat keterbatasan terkait cakupan data yang hanya berasal dari Scopus.

Kata kunci—Bibliometrik; Bigel; Hidrogel; Oleogel

Abstract

Bigels, which are colloidal systems combining oleogel and hydrogel, demonstrate significant potential in the delivery and release of bioactive compounds, offering better physicochemical stability compared to emulsions and other gels. Bigels are capable of simultaneously transporting both lipophilic and hydrophilic components, making them ideal for applications in cosmetic, pharmaceutical, and food products. However, their development faces challenges such as the limited availability of safe oleogelators, the need to optimize rheological properties, and consumer acceptance. This study aims to conduct a bibliometric review to map the research trends on bigels, identify dominant topics, and analyze the latest developments in this field. Publication data was collected using the term "bigels" from Scopus and analyzed using Harzing's Publish or Perish and VOSviewer. The results of the analysis revealed 156 publications related to bigels since 2008, with a total of 4,694 citations. Publication trends show a significant increase, with a focus on the use of bigels as fat replacers, active ingredient carriers, and in 3D printing technology. Dominant keywords include oleogel, hydrogel, emulgels, and their applications in pharmaceuticals and cosmetics. This study provides an overview of the direction of bigels research and their potential applications, although there are limitations regarding the scope of data, which is solely based on Scopus.

Keywords—Bibliometric; Bigels; Hydrogel; Oleogel

1. PENDAHULUAN

Bigels merupakan suatu sistem koloid yang memiliki komposisi gabungan antara oleogel dan hidrogel untuk menghasilkan gel dengan dua fase (bifasik), sehingga fase minyak dan air terperangkap dalam jaringan tiga dimensi [1]. Matriks gel yang terbentuk tidak membutuhkan pengemulsi karena pencampuran kedua fase menghasilkan gel yang stabil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa oleogel dan hidrogel merupakan sistem yang efektif untuk pengantaran dan pelepasan senyawa bioaktif, sehingga *bigels* memiliki potensi untuk mengangkut komponen lipofilik dan hidrofilik secara simultan [1]. Keuntungan lain dari *bigels* adalah stabilitasnya yang lebih baik dibandingkan dengan emulsi, gel emulsi, hidrogel, dan oleogel. Stabilitas fisikokimia yang lebih baik ini ditunjukkan oleh dispersi koloid satu fase di dalam fase lainnya, yang membuat sistem ini sangat cocok dan ideal untuk digunakan dalam berbagai produk [2,3]. Selain itu, sistem *bigels* umumnya tidak menunjukkan pemisahan fase selama penyimpanan pada suhu ruang, memberikan stabilitas yang lebih baik ketika diaplikasikan pada produk dengan umur simpan yang panjang. Berbagai kelebihan ini menyebabkan *bigels* semakin diminati untuk pengembangan produk kosmetik, obat, maupun pangan [4].

Meskipun memiliki potensi yang besar, pengembangan *bigels* masih memiliki tantangan. Tantangan yang dicakup meliputi keterbatasan oleogelator yang memenuhi standar keamanan, karakteristik reologi yang perlu dioptimasi, serta penerimaan konsumen. Adanya tantangan ini berhubungan dengan interaksi *bigels* terhadap bahan lain ketika diaplikasikan pada suatu produk. Tantangan ini tentunya menjadi peluang bagi para peneliti dan industri untuk dapat mengembangkan fungsi *bigels*. Maka dari itu, kajian bibliometrik dibutuhkan untuk dapat memetakan tren penelitian, termasuk pertumbuhan publikasi dan topik dominan. Kajian bibliometrik merupakan alternatif dari tinjauan literatur sistematis yang melibatkan penerapan pemetaan ilmiah, analisis statistik deskriptif, atau analisis kinerja terhadap data bibliografi [5]. Studi bibliometrik mengenai karakteristik publikasi sangat penting karena topik yang diterbitkan, distribusi geografis, dan faktor dampaknya akan memungkinkan para peneliti untuk mengidentifikasi topik kunci atau utama untuk penelitian dan mengungkapkan perkembangan terkini dalam suatu bidang penelitian tertentu. Dalam artikel ini, analisis bibliometrik diterapkan untuk mengidentifikasi dan mengungkapkan perkembangan terkini dalam penelitian mengenai *bigels*. Menariknya, sejauh yang diketahui, belum ada studi bibliometrik terkait *bigels* sebelumnya. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk memberikan informasi terkait publikasi tentang *bigels* yang telah ada, menyelidiki gap penelitian, dan menganalisis kebaruan dari penelitian terkini.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Basis Data

Basis data berupa data publikasi dikumpulkan dengan menggunakan istilah pencarian "*bigels*". Istilah ini digunakan untuk mendeskripsikan produk hasil penggabungan hidrogel dan oleogel atau yang dikenal pula sebagai hybrid gel. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Januari 2025 dengan menggunakan Harzing's Publish or Perish (PoP) v.8.6.4198.8332 © 1990-2022 dari basis data Scopus (<https://www.scopus.com/>). Data awal, yang berisi informasi publikasi dan sitasi, informasi bibliografi, abstrak, serta alamat halaman web artikel, digunakan untuk membangun direktori yang kemudian dianalisis dan diubah menjadi informasi statistik. Data disimpan dalam format .csv untuk pemrosesan dengan Microsoft® Excel 2019 dan dalam format .ris untuk pemrosesan dengan Mendeley Desktop v.1.19.8 © 2008-2020.

Basis data yang didapat kemudian ditelaah. Artikel yang muncul berulang dan tidak berhubungan dihilangkan dari basis data yang ada. Publikasi diperiksa secara menyeluruh untuk memvalidasi bahwa data yang tersedia lengkap dan bersesuaian dengan ruang lingkup yang dimaksud. Data yang telah dilengkapi atau artikel yang relevan kemudian diekstraksi ke dalam

data yang terstruktur dan dianalisis berdasarkan tahun publikasi dan kata kunci. Analisis statistik deskriptif diterapkan untuk menampilkan simpulan atas data yang ada.

2. 2 Analisis Bibliometrik

Database yang telah divalidasi kemudian diimpor ke dalam VOSviewer v.1.6.18 (*Center for Research in Science and Technology* (CWTS), Universitas Leiden, Leiden, Belanda) untuk divisualisasikan. Untuk meningkatkan kualitas visualisasi, ditetapkan ambang batas 3 untuk frekuensi minimum kemunculan kata kunci. Selanjutnya, skor relevansi diatur mengikuti pengaturan default VOSviewer, maksimum 60% dari istilah yang paling relevan dipilih untuk analisis lebih lanjut. Sekitar 60% dari istilah atau kata kunci yang paling relevan kemudian direpresentasikan dalam visualisasi *network*, *overlay*, dan *density*. Kekuatan tautan yang diidentifikasi dalam peta digunakan untuk menggambarkan berbagai interkoneksi di antara artikel, negara, dan institusi asalnya, serta sitasi bersama dan penulis. Ketebalan garis penghubung yang lebih besar dan nilai numerik yang lebih tinggi yang diberikan pada tautan menunjukkan korelasi yang lebih kuat dalam aspek penilaian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Karakteristik Basis Data

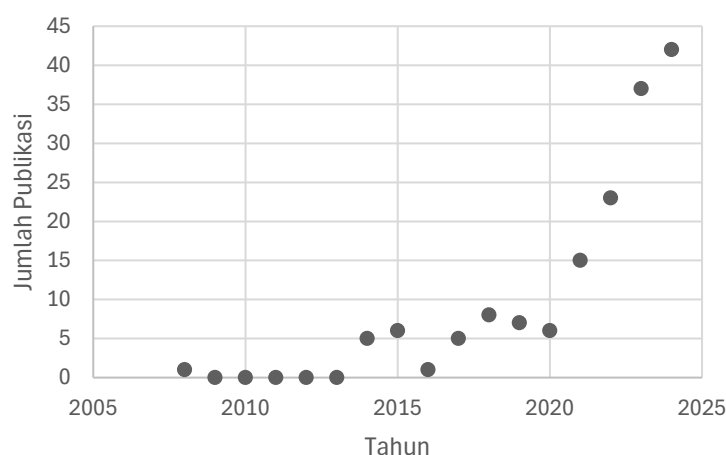
Basis data awal yang didapat melalui pencarian dengan Publish or Perish (PoP) menunjukkan bahwa sebanyak 196 publikasi dari Scopus bersesuaian dengan term “*bigels*”. Artikel yang muncul berulang dan tidak berhubungan dihilangkan dari basis data awal. Setelah dilakukan telaah dan validasi, didapat sebanyak 156 publikasi berupa artikel maupun review yang bersesuaian dan tidak berulang. Analisis oleh Vosviewer menunjukkan bahwa terdapat 474 kata kunci atau term dari 156 basis data publikasi yang didapat. Secara garis besar, karakteristik data metrik berdasar publikasi yang telah divalidasi ditampilkan pada Tabel 1. Publikasi yang berkaitan ditemukan sejak tahun 2008, yang berarti bahwa publikasi yang menyusun basis data berasal dari 12 tahun terakhir. Dari 156 publikasi, diketahui bahwa jumlah sitasi keseluruhan mencapai 4694.

Tabel 1. Data metrik publikasi dengan term “*bigels*”

Data Metrik	Term : “ <i>Bigels</i> ”
	Jumlah
Tahun publikasi	2008-2024 (12 tahun)
Jumlah publikasi	156
Jumlah sitasi	4694
Sitasi per tahun	391.167
Sitasi per publikasi	30.09

3. 2 Tren Jumlah Publikasi

Tahun publikasi dari basis data yang didapat kemudian dirangkum dan ditampilkan dalam bentuk grafik jumlah publikasi di tiap tahunnya. Tren jumlah publikasi ditampilkan melalui Gambar 1.



Gambar 1. Jumlah publikasi per tahun (2008-2024) terkait *bigels*

Berdasarkan data (Gambar 1), diketahui bahwa jumlah publikasi terkait *bigels* cenderung mengalami peningkatan sejak tahun 2008 hingga kini. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian dan kajian terkait *bigels* semakin berkembang dan diminati. Pada tahun 2024, ditemukan melebihi 40 publikasi yang berkenaan dengan *bigels* berdasar database Scopus. Berdasar tren, jumlah publikasi terkait *bigels* dimungkinkan akan mengalami peningkatan pada tahun berikutnya. Peningkatan jumlah publikasi dimungkinkan terjadi karena adanya potensi aplikasi *bigels* yang luas, tidak hanya pada bidang pangan tetapi juga bidang farmasi. *Bigels* diketahui dapat diaplikasikan pada pangan sebagai bahan substitusi, pembawa bahan aktif, hingga bahan pembentuk matriks baru. Sementara itu, dalam bidang farmasi *bigels* dapat diaplikasikan dalam pengembangan kosmetik, produk preventif, serta produk terapik [4]. Berdasar potensi aplikasi tersebut maka penelitian terkait *bigels* melibatkan berbagai disiplin ilmu, seperti ilmu pangan, farmasi, kimia material, dan rekayasa biomedis. Semakin banyak disiplin ilmu yang terlibat dapat meningkatkan jumlah publikasi yang dihasilkan.

3. 3 Pemetaan Kata Kunci (Keyword Mapping)

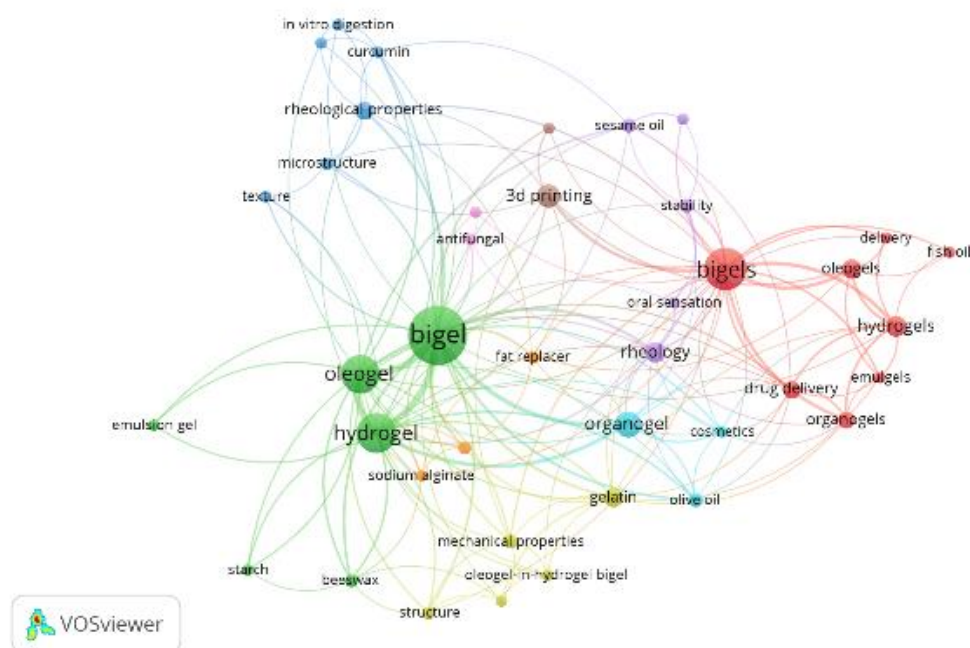
Setelah ditetapkan ambang batas 3 untuk frekuensi minimum kemunculan kata kunci, diperoleh sebanyak 40 kata kunci yang dapat divisualisasikan dalam bentuk *network*, *overlay*, dan *density* melalui Vosviewer. Sebanyak 40 kata kunci yang diperoleh kemudian diklasterisasi. Klasterisasi oleh Vosviewer dilakukan dengan mengidentifikasi kemiripan dan kedekatan kata kunci atau term dari basis data yang tersedia sehingga didapat hasil pengelompokan pada Tabel 2. Hasil klasterisasi divisualisasikan dalam bentuk visualisasi *network* (Gambar 2). Dalam *network* visualization, term yang lebih dekat atau lebih sering terkait ditampilkan dengan warna klaster yang sama. Selain itu, keterkaitan antar term ditunjukkan pula dengan garis penghubung antar term yang membentuk jejaring, sementara jumlah kemunculan term atau kata kunci dari basis data ditunjukkan melalui ukuran lingkaran atau node pada tiap term.

Tabel 2. Klasterisasi kata kunci oleh Vosviewer

Klaster	Term/Kata Kunci
1 (merah)	<i>bigels, oleogels, delivery, fish oil, hydrogels, drug delivery, emulgels, organogels</i>
2 (hijau)	<i>bigel, oleogel, hydrogel, emulsion gel, beeswax, starch</i>
3 (biru)	<i>in vitro digestion, curcumin, rheological properties, microstructure, texture, textural properties</i>

4 (olive)	<i>gelatin, structure, mechanical properties, oleogel-in-hydrogel bigel, κ-carrageenan</i>
5 (sky blue)	<i>organogel, cosmetics, olive oil</i>
6 (oranye)	<i>fat replacer, sodium alginate</i>
7 (violet)	<i>sesame oil, stability, oral sensation, rheology, guar gum</i>
8 (lilac)	<i>antifungal, microparticle</i>
9 (plum)	<i>3d printing, phase inversion</i>

Terdapat 9 klaster yang menunjukkan pengelompokan term dari berbagai publikasi terkait *bigels*. Secara garis besar, tiap klaster mencerminkan tema atau fokus riset. Klaster 1 yang ditunjukkan dengan warna merah berhubungan dengan jenis gel yang digunakan dalam penghantaran bahan aktif, khususnya dalam bidang kesehatan dan obat-obatan. Klaster 2 yang ditandai dengan warna hijau berhubungan dengan bahan baku pembentuk *bigels*. Klaster 3 yang ditandai dengan warna biru diduga mengarah pada penelitian yang fokus pada aspek karakteristik fisik dan mekanik produk, seperti sifat tekstur, mikrostruktur, serta karakteristik melalui pengujian in-vitro. Klaster 4 (olive) berkaitan dengan bahan pembentuk struktur dan sifat mekanis pada *bigels*. Klaster 5 (sky blue) berkaitan dengan aplikasi *bigels* pada kosmetik serta pemanfaatan minyak zaitun sebagai bahan baku *bigels* untuk tujuan kosmetik. Klaster 6 (oranye) berhubungan dengan bahan pengganti lemak, seperti sodium alginat, yang digunakan dalam formulasi makanan atau produk kesehatan. Sodium alginate sering digunakan dalam aplikasi pengentalan atau pembuatan gel. Klaster 7 (violet) berkaitan dengan penelitian tentang minyak wijen, kestabilan, sensasi oral, dan sifat reologi (aliran dan deformasi) bahan, serta penggunaan guar gum. Kata kunci ini lebih mengarah pada karakteristik bahan dan penggunaannya dalam produk makanan atau farmasi. Klaster 8 (lilac) terkait dengan penelitian yang berfokus pada pengembangan bahan dengan sifat anti jamur, serta penggunaan mikropartikel dalam formulasi, yang kemungkinan besar berhubungan dengan aplikasi dalam pengobatan atau pengawetan. Klaster 9 (plum) berfokus pada teknologi canggih seperti pencetakan 3D dan inversi fase dalam formulasi gel atau bahan lainnya. Klaster ini merujuk pada penerapan teknologi baru dalam pembuatan bahan atau produk dengan sifat spesifik.

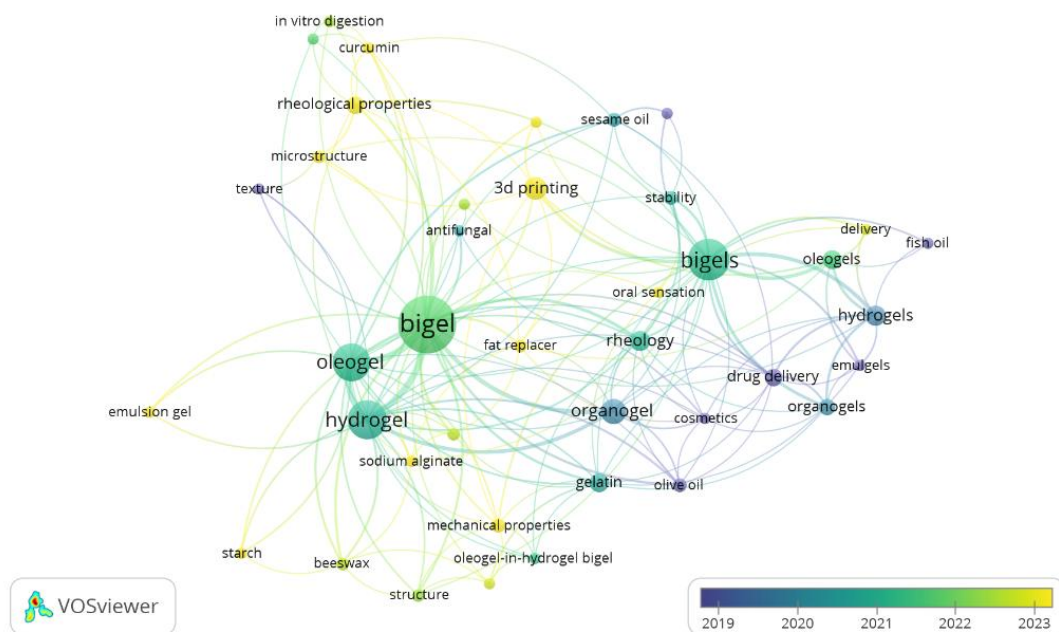


Gambar 2. Visualisasi *network* berdasar Vosviewer

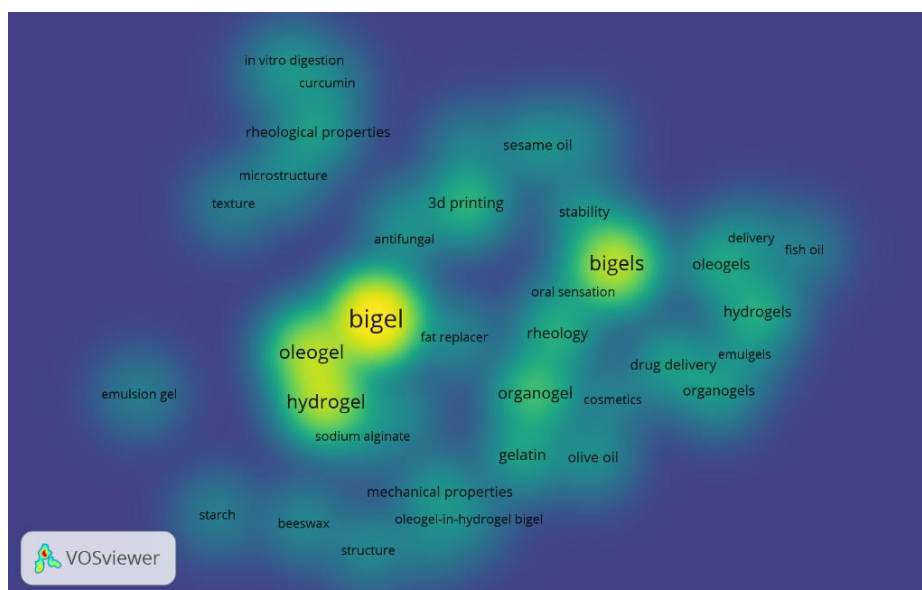
3. 4 Tren Penelitian

Visualisasi *overlay* (Gambar 3) digunakan untuk menampilkan perkembangan dan tren seiring waktu, serta menunjukkan kondisi terkini dari penelitian terkait. Warna visualisasi *overlay* menunjukkan informasi yang berbeda dibandingkan dengan visualisasi *network*. Spektrum warna yang berbeda pada node mencerminkan perbedaan tahun publikasi. Spektrum warna berkisar dari ungu yang menunjukkan tahun lampau hingga kuning yang menandakan tahun terbaru.

Beberapa term seperti *olive oil*, *emulgels*, *drug delivery*, *olive oil*, *fish oil*, *texture*, dan *guar gum* ditampilkan dalam warna ungu (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa fokus penelitian terkait pemanfaatan bahan tertentu, maupun *bigels* sebagai sarana pengangkut obat telah dikembangkan sejak sebelum tahun 2019.



Gambar 3. Visualisasi *overlay* berdasar Vosviewer



Gambar 4. Visualisasi *density* berdasar Vosviewer

Sementara itu, node dengan warna kuning menunjukkan area penelitian yang terbaru, mencakup curcumin, rheological properties, 3D printing, oral sensation, fat replacer, microstructure, sodium alginate, emulsion gel, starch, dan mechanical properties. Hal ini menunjukkan bahwa tren penelitian terbaru terkait *bigels* cenderung mengarah pada eksplorasi berbagai bahan pembentuk gel, pemanfaatan *bigels* sebagai pengganti lemak, pengkajian karakteristik reologi dan sensori produk *bigels*, pemanfaatan *bigels* pada teknologi 3D printing, serta pemanfaatan *bigels* sebagai pembawa bahan aktif. Banyaknya term dengan node berwarna kuning menunjukkan semakin luasnya bidang yang dikaji dalam penelitian terkait *bigels* pada beberapa tahun terakhir.

Publikasi tentang pemanfaatan *bigels* sebagai tinta edible (*edible ink*) pada teknologi 3D printing dilakukan sejak tahun 2022. Penelitian terkait berfokus pada formulasi *bigels* menggunakan berbagai formulasi bahan oleogel dan hidrogel untuk mendapatkan karakteristik fisik yang sesuai [6, 7]. Selain itu, penelitian terkini mengenai *bigels* turut berfokus pada formulasi *bigels* dengan fungsi spesifik, seperti pembawa bahan aktif maupun pembawa efek kesehatan tertentu. Misalnya, *bigels* sebagai pembawa bahan aktif asal *Centella asiatica* dan sebagai pembawa *curcumin* dan *epigallocatechin gallate* [8, 9]. Sementara itu, pemanfaatan *bigels* sebagai pengganti lemak (*fat replacer*) juga mulai dipublikasikan sejak 2022. *Bigels* dimanfaatkan sebagai pengganti lemak karena memiliki karakteristik fisik yang sesuai untuk menggantikan fungsi lemak padat pada berbagai produk pangan dan memiliki manfaat dalam menurunkan komposisi lemak pada suatu pangan [10, 11, 12, 13].

3. 5 Limitasi Kajian

Scopus menyediakan gambaran yang paling komprehensif tentang luaran penelitian global di berbagai bidang seperti ilmu pengetahuan, teknologi, kedokteran, ilmu sosial, serta seni dan humaniora. Namun, penting untuk dicatat bahwa ada sejumlah besar informasi dari berbagai sumber dan basis data yang tidak tercakup di sini. Penggunaan Scopus untuk pencarian literatur dapat memperkenalkan bias terhadap negara-negara dengan jumlah jurnal yang tercantum di Scopus yang tinggi. Scopus lebih mengutamakan jurnal akademik yang menerbitkan dokumen dalam bahasa Inggris, yang mengakibatkan pengecualian dokumen yang diterbitkan dalam bahasa selain bahasa Inggris. Sama seperti studi bibliometrik lainnya, penelitian ini tidak mencakup literatur abu-abu. Metodologi pencarian yang digunakan dalam penelitian ini mungkin telah mempengaruhi adanya hasil yang tidak akurat.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa publikasi terkait *bigels* telah berkembang pesat sejak 2008, dengan total 156 publikasi yang terverifikasi dan mencapai 4,694 sitasi. Tren publikasi menunjukkan peningkatan yang signifikan setiap tahunnya, diprediksi akan terus meningkat, seiring dengan potensi aplikasi *bigels* di berbagai bidang, termasuk pangan, farmasi, dan teknologi. Analisis klusterisasi kata kunci mengungkapkan 9 klaster yang mencerminkan berbagai fokus riset, mulai dari bahan baku *bigels* hingga aplikasinya di kosmetik dan farmasi. Tren terbaru mencakup penggunaan *bigels* sebagai pengganti lemak, pembawa bahan aktif, serta dalam teknologi 3D printing. Namun, perlu diingat bahwa studi ini memiliki batasan terkait cakupan data yang hanya mengandalkan Scopus, dengan potensi bias terhadap publikasi dalam bahasa Inggris.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Shakeel et al., "Bigels: A unique class of materials for drug delivery applications," *Soft Mater.*, vol. 16, no. 2, pp. 77–93, 2018. doi: 10.1080/1539445X.2018.1483343.

- [2] K. Cho, R. Tarté, and N. C. Acevedo, "Development and characterization of edible rice bran wax-gelatin biphasic gels to simulate technological properties of solid fats," *LWT-Food Sci. Technol.*, vol. 174, p. 114330, 2022. doi: 10.1016/j.lwt.2022.114330.
- [3] J. Nutter et al., "Designing and characterizing multicomponent, plant-based *bigels* of rice bran wax, gums, and monoglycerides," *Food Hydrocoll.*, vol. 138, p. 108425, 2023. doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.108425.
- [4] A. Francavilla, M. G. Corradini, and I. J. Joye, "*Bigels* as delivery systems: Potential uses and applicability in food," *Gels*, vol. 9, no. 8, p. 648, 2023. doi: 10.3390/gels9080648.
- [5] G. Haddow, "Bibliometric research," in *Research Methods: Information, Systems, and Contexts*, 2nd ed., Elsevier, 2018, pp. 241–266.
- [6] R. Qiu et al., "Analysis on the printability and rheological characteristics of bigel inks: Potential in 3D food printing," *Food Hydrocoll.*, vol. 129, p. 107675, 2022. doi: 10.1016/j.foodhyd.2022.107675.
- [7] Q. Jiang et al., "Phase inversion regulable *bigels* co-stabilized by *Chlorella pyrenoidosa* protein and beeswax: In-vitro digestion and food 3D printing," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 277, p. 134540, 2024. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.02.044.
- [8] A. Kulawik-Pióro et al., "*Bigels* as novel systems for the delivery of active compounds from *Centella asiatica*," *Soft Mater.*, vol. 21, no. 4, pp. 316–338, 2023. doi: 10.1080/1539445X.2023.2128749.
- [9] J. Yang et al., "Structural design of oleogel-hydrogel *bigels* for co-delivery of curcumin and epigallocatechin gallate with synergistic stability and bioactivity," *Adv. Mater. Technol.*, vol. 8, no. 14, p. 2202185, 2023. doi: 10.1002/admt.202202185.
- [10] F. Ghiasi and M. T. Golmakani, "Fabrication and characterization of a novel biphasic system based on starch and ethylcellulose as an alternative fat replacer in a model food system," *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 78, p. 103028, 2022. doi: 10.1016/j.ifset.2022.103028.
- [11] L. Han et al., "Development and characterization of hydrogel-in-oleogel (bigel) systems and their application as a butter replacer for bread making," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 104, no. 4, pp. 1920–1927, 2024. doi: 10.1002/jsfa.11787.
- [12] C. Siachou, K. Zampouni, and E. Katsanidis, "*Bigels* as fat replacers in fermented sausages: Physicochemical, microbiological, sensory, and nutritional characteristics," *Gels*, vol. 9, no. 4, p. 340, 2023. doi: 10.3390/gels9040340.
- [13] B. Vershkov and M. Davidovich-Pinhas, "The effect of preparation temperature and composition on bigel performance as fat replacers," *Food Funct.*, vol. 14, no. 8, pp. 3838–3848, 2023. doi: 10.1039/D3FO00472A.