

ANALISIS BIBLIOMETRIK APLIKASI MIKROENKAPSULASI PROBIOTIK DAN PERKEMBANGANNYA DALAM ILMU TEKNOLOGI PANGAN

(BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF MICROENCAPSULATION APPLICATIONS OF PROBIOTICS AND THEIR DEVELOPMENT IN FOOD TECHNOLOGY SCIENCE)

Doni Supadil¹, Sri Melia², Indri Juliarsi², Yudha Endra Pratama³, Siti Auliarasulina¹

¹Program Pascasarjana Fakultas Peternakan, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

²Departemen Teknologi Pengolahan Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Andalas,
Padang, Indonesia

³Program Doktorat Fakultas Peternakan, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Email: sr melia75@ansci.unand.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang pangan semakin meningkat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu penerapan teknologi dalam bidang pangan adalah mikroenkapsulasi probiotik. Penelitian mikroenkapsulasi probiotik menjadi perhatian bagi peneliti untuk efisiensi penyimpanan dan penerapannya sebagai pangan fungsional. Tujuan penelitian bibliometric ini adalah untuk mengetahui perkembangan penelitian tentang mikroenkapsulasi probiotik dan perkembangannya dalam bidang pangan. Penelitian ini mengambil data google scholar dengan keywords microencapsulation probiotic mulai tahun 2018 sampai 2023. Dari pencarian didapatkan jurnal ilmiah sebanyak 996 dengan jumlah sitasi sebanyak 24.099. Penelitian ini menggunakan analisis bibliometrik dan VOSViewer. Hasil analisa menunjukkan penelitian banyak membahas tentang teknik mikroenkapsulasi yang berhubungan dengan kelangsungan hidup probiotik, sedangkan penelitian terakhir banyak membahas tentang bahan pelapis untuk mikroenkapsulasi dan komponen bioaktif. Wang. Y, Liu. H dan Li. X adalah author yang paling banyak mempublish jurnal dengan keyword tentang mikroenkapsulasi probiotik. Kata yang paling dibicarakan dalam penelitian ada 3 yaitu riview, survability, microencapsulation tecnique.

Kata Kunci: Bibliometrik, Mikroenkapsulation probiotik, vosviewer.

ABSTRACT

The development of technology in the food sector is increasing along with advances in science and technology. One of the applications of technology in the food sector is probiotic microencapsulation. Probiotic microencapsulation research is a concern for researchers for storage efficiency and its application as a functional food. The purpose of this bibliometric research is to determine the development of research on probiotic microencapsulation and its development in the food sector. This study took google scholar data with keywords microencapsulation probiotic from 2018 to 2023. From the search, 996 scientific journals were obtained with a total of 24,099 citations. This research uses bibliometric analysis and VOSViewer. The results of the analysis show that many studies discuss microencapsulation techniques related to probiotic survival, while the latest studies discuss coating materials for microencapsulation and bioactive components. Wang. Y, Liu. H and Li. X are the authors who published the most journals with keywords about probiotic microencapsulation. The most discussed words in the research are 3 namely review, survability, microencapsulation tecnique.

Keywords: Bibliometric, Microencapsulation probiotic, Vosviewer.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang pangan semakin meningkat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu perkembangan teknologi dalam bidang pangan adalah mikroenkapsulasi. Mikroenkapsulasi merupakan inovasi penggabungan bahan padat, cair, ataupun uap dengan menggunakan bahan penyalut (polimer) tipis (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Produk mikroenkapsulasi biasanya memiliki ukuran berkisar 1-1000 μm (Paulo and Santos, 2017). Teknologi mikroenkapsulasi banyak memiliki peran dalam industri pangan memberikan melindungi terhadap faktor lingkungan dan mengendalikan pelepasan zat pada produk pangan. Selain itu juga mikroenkapsulasi dapat menjaga stabilitas yang tinggi selama pemrosesan dan penyimpanan (Ribeiro and Veloso, 2020). Sehingga mikroenkapsulasi menjadi cara yang baik untuk mempertahankan nilai gizi dan menjadikan pangan sehat, terlebih meningkatkan stabilitas dan bioavailabilitas pangan (Peanparkdee *et al.*, 2016). Dalam industri pangan beberapa zat yang dimikroenkapsulasi seperti minyak atsiri, perasa, pewarna makanan, antioksidan, enzim, vitamin, polifenol, mikroorganisme (Sharma and Borah, 2021). Salah satu mikroorganisme yang dimikroenkapsulasi adalah probiotik.

Probiotik merupakan mikroorganisme hidup yang apabila dikonsumsi dalam jumlah yang cukup akan memberikan dampak kesehatan tubuh manusia (Hill *et al.*, 2014). Mikroenkapsulasi probiotik adalah proses pelapisan zat ini (probiotik) dengan lapisan hidrokoloid untuk melindungi probiotik dan meningkatkan keberlangsungan hidup kultur probiotik (De Prisco *et al.*, 2016). Selain itu mikroenkapsulasi probiotik memiliki peranan penting dalam industri pangan yaitu untuk melindungi probiotik selama proses pengolahan, penyimpanan, distribusi (Sbehat *et al.*, 2022). Beberapa contoh probiotik yang dimikroenkapsulasi seperti *Lactobacillus plantarum* PRK7 yang diaplikasikan untuk produksi yoghurt (Kowsalya *et al.*, 2023), *Bifidobacterium* BB-12 dimikroenkapsulasi menggunakan whey dan inulin untuk diaplikasikan pada yoghurt (Pinto *et al.*, 2017), *Lactobacillus acidophilus* ATTC-4356 dimikroenkapsulasi dengan alginat dan karagenan dan diaplikasikan pada es krim (Afzaal *et al.*, 2019), *Enterococcus faecium* CRL 183 dimikroenkapsulasi dengan metode koaservasi dan ekstruksi dan diaplikasikan pada permen probiotik (Witzler *et al.*, 2017) dan ragi pada pembuatan roti yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (De Prisco *et al.*, 2016) dan masih banyak lagi terkait probiotik yang dimikroenkapsulasi untuk diaplikasikan pada industri pangan.

Dalam mikroenkapsulasi probiotik bahan penyalut (matriks), strain bakteri, metode mikroenkapsulasi memiliki pengaruh terhadap karakteristik dari mikroenkapsulasi probiotik

tersebut. Beberapa tren penelitian, mikroenkapsulasi probiotik bertujuan untuk melindungi kondisi saluran pencernaan (De Prisco *et al.*, 2016). Penelitian terkait mikroenkapsulasi probiotik dilakukan oleh Sun *et al.*, (2023) dimana pada penelitiannya menyimpulkan maltodekstrin dan pati resisten dapat dijadikan bahan penyalut untuk mikroenkapsulasi *L. plantarum* 229V. Kemudian penelitian Lee *et al.*, (2019), dimana hasil penelitiannya menyebutkan mikroenkapsulasi probiotik *Lactobacillus acidophilus* KBL409 dengan metode ekstruksi menggunakan alginat dan citosan dan memiliki efisiensi enkapsulasi 99,7% serta menunjukkan kemampuan laju perekat alginat dan citosan yang lebih tinggi 95,6% dibanding sel bebas 88,1%. Kemudian pada penelitian Dolly *et al.*, (2011), dimana hasil penelitiannya menyebutkan mikroenkapsulasi *Lactobacillus plantarum* MTCC5422 dengan menggunakan metode freeze drying dengan perbandingan probiotik dan whey protein isolat 1:1.5 (b/b) yaitu memiliki viabilitas 98,99%, kadar air 3,61% dan viabilitas asam lambung dan garam empedu bertambah 2 jam dari perlakuan kontrol (tanpa mikroenkapsulasi). Untuk mengidentifikasi jurnal yang paling menonjol dan tren penelitian terbaru dapat menggunakan analisis bibliometrik.

Mikroenkapsulasi probiotik menjadi sangat penting karena semakin banyaknya diterapkan dibidang pangan, dimana perlu diikuti dengan pengembangan terkait mikroenkapsulasi probiotik seperti bahan penyalut, viabilitas, strain bakteri, lama penyimpanan dan metode mikroenkapsulasi. Didalam mikroenkapsulasi tentunya peneliti terus berusaha memproduksi mikroenkapsulasi probiotik dengan bahan penyalut dan metode yang efisien dan murah serta mudah diaplikasikan dalam produk pangan. Metode bibliometrik dapat memberikan wawasan berharga mengenai perkembangan penelitian dan membantu memahami tren penelitian saat ini dan memandu arah penelitian dimasa depan. Penggunaan kata kunci dalam penelitian harus sesuai dengan topik penelitian yang akan dilaksanakan oleh peneliti. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis literatur ilmiah mikroenkapsulasi probiotik dengan analisis bibliometrik untuk menemukan topik utama, penulis, dan sumber artikel paling banyak mempublish.

METODE PELAKSANAAN

Metode dalam penelitian ini menggunakan analisa bibliometrik untuk mengevaluasi dan mengklasifikasikan materi bibliografi seperti publikasi, kutipan, penulis, institusi, hal ini melibatkan tinjauan sistematis data bibliografi dari database elektronik. Metode ini dapat membantu memahami tren penelitian, jurnal yang saling terkait dan penulis utama di berbagai bidang (Lazarides *et al.*, 2023). Database yang digunakan pada penelitian ini adalah

google scholar pada aplikasi *publish or perish* dengan kata kunci topik “*mikroenkapsulasi probiotik*” yang kemudian akan diidentifikasi penulis, jurnal yang paling menonjol dan metodologi yang digunakan dan menarik kesimpulan (Duran Sanchez *et al.*, 2014). Selanjutnya artikel-artikel yang terkait dengan mikroenkapsulasi probiotik dipilih sesuai dengan kriteria dan divisualisasikan dengan menggunakan aplikasi VOSviewers untuk memvisualisasikan, kata kunci terbanyak, jumlah author terbanyak, tren topik penelitian dan menyoroti beberapa topik yang berpengaruh (Zlaugotne *et al.*, 2023).

Pengumpulan Data

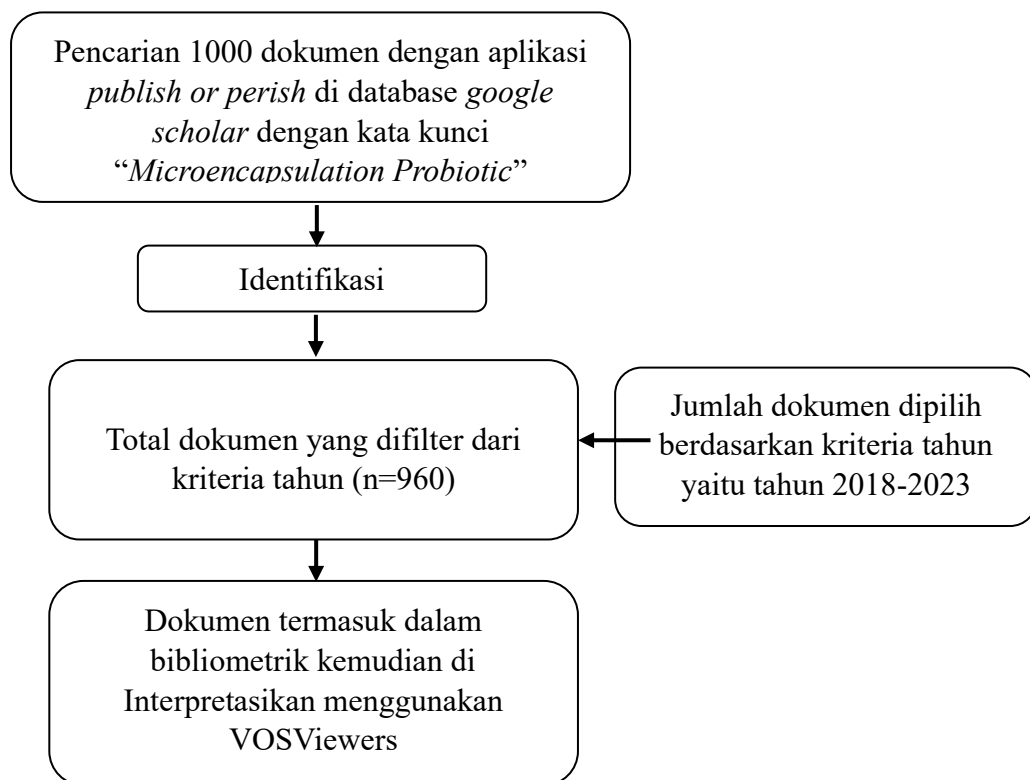
Artikel-artikel merupakan seleksi representatif dari kegiatan ilmiah yang diterbitkan dalam publikasi ilmiah yang dianalisis dengan perangkat lunak *publish and perish*. Oleh karena itu *review*, *conference paper*, *book chapter*, *letter* dan sejenis dokumen lain yang ditemukan dikeluarkan.

Identifikasi Sumber

Pada penelitian ini, penulis mengumpulkan data dari artikel jurnal bersumber google scholar. Penulis melakukan pencarian dan pemilihan jurnal dengan strategi pencarian seperti pada gambar 1: Pada kolom pencarian dokumen menjelaskan penulis melakukan pencarian pada artikel yang mengandung kata kunci “*Microencapsulation probiotic*”. Tanda kutip bertujuan untuk mendapatkan semua dokumen yang mengandung kombinasi kata-kata mikroenkapsulasi probiotik.

Kriteria Pemilihan Studi

Dalam google scholar ini, penulis melakukan pencarian dalam bahasa inggris jumlah dokumen terbanyak. Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah dalam melakukan seleksi pemilihan jurnal. Langkah pertama, penulis melakukan pencarian jurnal di google scholar dengan kata kunci *microencapsulation probiotic* menggunakan software *publish or perish*. Kemudian penulis memfilter jurnal tersebut dengan memilih jurnal dengan jurnal 5 tahun terakhir yaitu mulai dari tahun 2018-2023. Dari 1000 jurnal yang dilakukan pencarian penulis hanya memperoleh jurnal sebanyak 960 jurnal.



Gambar 1. Pemilihan studi di google scholar

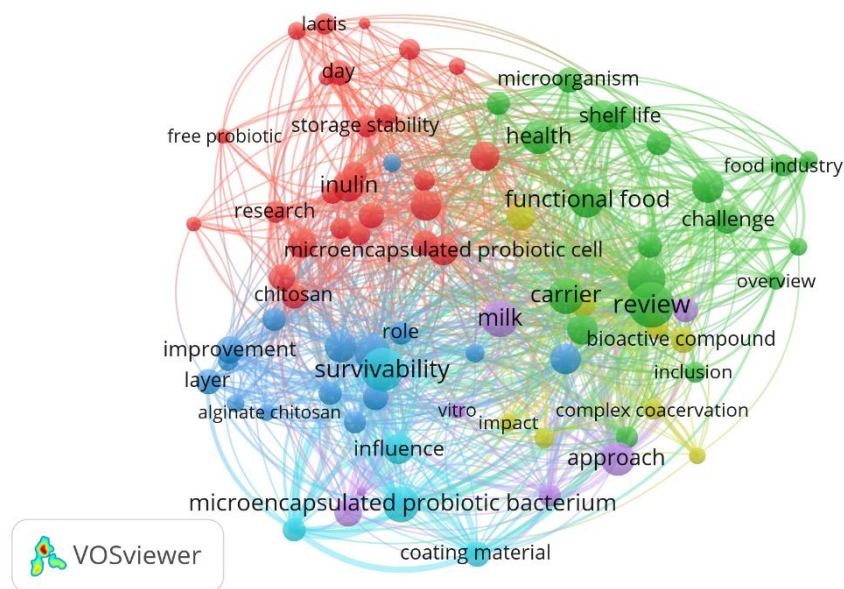
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kluster Kata Kunci

Klaster kata kunci yang banyak digunakan dalam publish jurnal mikroencapsulation probiotic ditunjukkan oleh gambar 2, terdapat 5 cluster kata kunci yang umum dan saling berhubungan satu sama lain dimana kata yang umum digunakan yaitu *microencapsulation*, *probiotic*, *viability*, *probiotic* dan *Lactobacillus achidopillus*. Hal ini menunjukkan bahwa kata kunci diatas menjadi kata kunci yang banyak digunakan dalam mengulas atau meriview tentang *microencapsulation probiotic*. Pada penelitian (Liu *et al.*, 2019) merupakan salah satu artikel riview yang membahas dan mengulas kata kunci *probiotic microencapsulation* dan *strategy* dimana dijelaskan dalam jurnalnya untuk kelangsungan hidup probiotik selama pemrosesan, penyimpanan dan pencernaan gastrointestinal dilakukan strategi mikroenkapsulasi, disana juga dijelaskan beberapa metode terkait teknik mikroenkapsulasi pada suhu tinggi yaitu menggunakan *spray drying* dan *fluid bed drying* sedangkan pada temperature rendah menggunakan metode *vacuum spray drying*, *spray chiling*, *electrospinning*, *supercritical techniqu*, *freeze drying*, *extrusion*, *emulsion*, *enzim gelation*, dan *impinging aerosol technique*.

Selanjutnya kluster *survivability* terdapat kata kunci jumlah terbanyak yaitu *Lactobacillus acidophilus* dan *carrier*, namun terdapat kata kunci dalam jumlah sedikit diantaranya *coating material*, *storage stability*, *alginat bead*, *alginat chitosan*, *cell viability*. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian tentang *survivability* yang berkaitan dengan optimalisasi penggunaan material penyalut, seperti citosan, inulin, alginat, *polysaccharide*, maltodextrin untuk meningkatkan viabilitas sel masih sedikit. Pada penelitian (Zhang *et al.*, 2022) mikroenkapsulasi probiotik dengan teknik ekstruksi dengan kombinasi natrium alginat dan whey protein isolat sebagai bahan penyalut terbaik karena memiliki daya tahan (*survivability*) selama *freeze drying* dan simulasi saluran pencernaan. Pada penelitian lainnya (Mu Jun *et al.*, 2018) melakukan penelitian enkapsulasi *Lactobacillus acidophilus* menggunakan konjac glukomanan dan alginat menunjukkan tingkat mikroenkapsulasi 62,5% dengan bentuk saling berikatan dengan dinding pori tebal dan halus yang dapat melindungi probiotik didalamnya.

Pada kluster *microencapsulation probiotic* terdapat kata kunci *probiotic culture*, *probiotic viability*, *probiotic microorganism*. Namun terdapat kata kunci dalam jumlah sedikit yaitu *recent advances*, *complex coacervation*, *biopolymer*, *characterization*, *functional food*, *food industry*. Hal ini menunjukkan kebaharuan penelitian terkait *complex coacervation* pada mikroenkapsulasi yaitu terkait penggunaan protein dan polisakarida sebagai bahan penyalut masih jarang dilakukan penelitian, termasuk juga penelitian aplikasinya dalam produk pangan seperti susu dan lainnya sebagai pangan fungsional. Pada penelitian (Zhang *et al.*, 2020) globula lemak susu dikombinasikan dengan polisakarida dapat melindungi kelangsungan hidup *Lactobacillus rhamnosus* GG selama transit di saluran pencernaan. Ditambah penelitian Zhang *et al.*, 2018) perkembangan mikroenkapsulasi probiotik *Lactobacillus plantarum* P8 pada makanan roti, namun kondisi baking dan penyimpanan dapat menurunkan viabilitas *L. plantarum* P8 menjadi 10^{4-5} CFU/ml namun setelah penyimpanan viabilitasnya meningkat 2-3 log menjadi 10^8 CFU/ml. pada penelitian lainnya (de andrade *et al.*, 2023) tentang mikroenkapsulasi probiotik *Lactiplantibacillus plantarum* CCMA 0359 dan aplikasinya pada cream cheese, dimana mikroenkapsulasi menggunakan bahan dinding whey secara signifikan meningkatkan perlindungan sel terhadap saluran pencernaan dan waktu penyimpanan dan memiliki jumlah sel lebih tinggi 8,31 log CFU/g dibandingkan sel bebas 8,07 log CFU/g. penambahan sel probiotik pada cream cheese dapat meningkatkan keasaman dan menurunkan pH dan tidak mempengaruhi penerimaan konsumen.



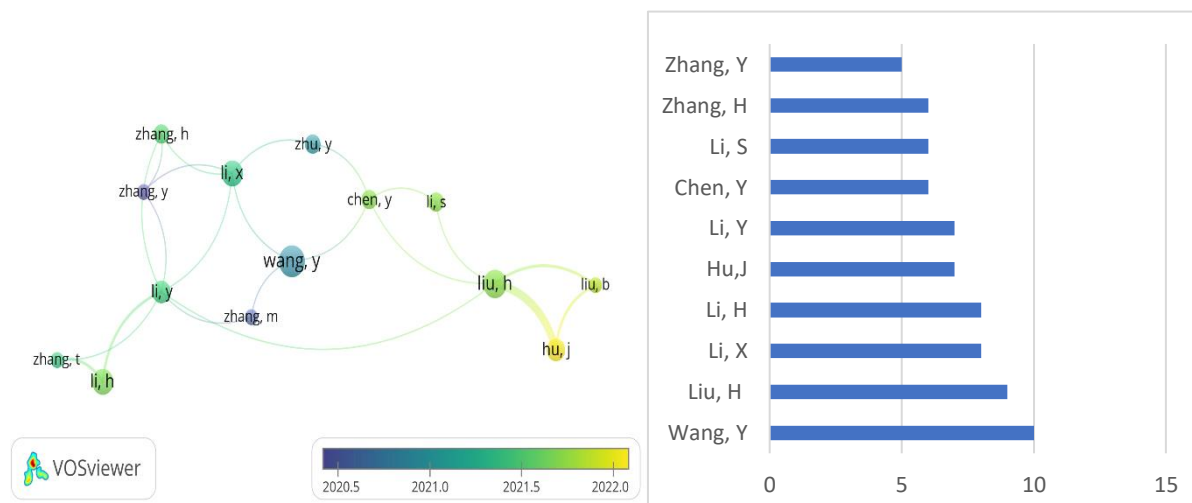
Gambar 2. Kluster kata kunci “*mikroenkapsulation probiotic*”

Pada kluster *microencapsulation technique* terdapat kata kunci *vitro*, *gastrointestinal condision*, *effectiveness*, *emulsion*, *efficacy*. Hal ini menunjukkan beberapa penelitian telah dilakukan teknik mikroenkapsulasi dengan metode emulsi dan dilakukan pengujian secara in vitro dengan menguji terhadap kondisi saluran pencernaan baik itu pada lambung maupun garam empedu untuk mendapatkan efektivitas dari teknik mikroenkapsulasi maupun efektivitas bahan penyalut untuk perlindungan probiotik. Pada penelitian (da Silva *et al.*, 2023) mikroenkapsulasi *Lactobacillus acidophilus* NRRL B-4495 dan *Lactiplantibacillus plantarum* NRRL B-4496 dengan menggunakan bahan alginat dan gelatin dengan emulsifikasi menunjukkan bahwa efisiensi enkapsulasi masing-masing $89,6 \pm 4,2\%$ dan $81,1 \pm 9,7\%$. Penelitian lainnya (de Andrade *et al.*, 2019) efesiensi enkapsulasi *Lactobacillus plantarum* CCMA0359 dan *Lactobacillus brevis* CCMA1284 dengan metode *spray drying* dengan menggunakan bahan penyalut whey dan maltodekstrin sebesar 86%.

2. Author Jumlah Jurnal Terbanyak

Pada gambar 3 menunjukkan 10 author dengan publikasi terbanyak tentang *microecapsulation probiotic*. Dari gambar 3 ini memperlihatkan dengan jelas 4 author dengan jumlah publikasi terbanyak yaitu 8 sampai 10 jurnal terkait *microencapsulation probiotic*. Beberapa author diantaranya adalah Wang Y, Liu H, Li X, dan Li H. Beberapa author tersebut dalam jurnalnya membahas tentang potensi dan kominasi bahan penyalut yang digunakan dalam mikroenkapsulasi probiotik dan aplikasi mikroenkapsulasi performa

ayam broiler. Hal ini dapat dilihat pada penelitian (Wang *et al.*, 2018) yang meneliti tentang aplikasi mikroenkapsulasi probiotik pada ayam, jenis prebiotik yang digunakan adalah *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* dan prebiotik yang digunakan yaitu frukto-oligosakarida berdasarkan hasil penelitiannya mikroenkapsulasi dapat menaikkan ADG 9,32-10,6% pada hari ke 22-42, aktivitas T-AOC serum, Kadar serum IgA, IgM, IL-2, dan IL-6. Pada penelitian (Zhao *et al.*, 2018) meneliti tentang mikroenkapsulasi *Lactobacillus plantarum* ST-III dengan gabungan bahan penyalut protein dan polisakarida yaitu gelatin tipe A, Gum Arab dan sukrosa, hasil menunjukkan bahwa mikroenkapsulasi *Lactobacillus plantarum* ST-III dengan penambahan sukrosa dapat mempertahankan viabilitas sel terhadap tekanan lingkungan terutama kondisi pH lambung. Penelitian lainnya (Liu *et al.*, 2020) dalam review artikelnya membahas tentang aplikasi polisakarida untuk mikroenkapsulasi probiotik dimana mikroenkapsulasi menggunakan polisakarida terbukti efektif selama pemrosesan, penyimpanan dan saluran pencernaan, namun jenis polisakarida yang digunakan juga menentukan sifat karakteristiknya seperti tahan terhadap lingkungan, gelasi yang diinduksi ion, interaksi elektrostatis, pelepasan sel dan sebagainya. Pada Penelitian (Li *et al.*, 2020) meneliti tentang perkembangan produk sinbiotik dan penerapannya dalam yoghurt, dimana mikroenkapsulasi *Lactobacillus casei* 30 dengan menggunakan galacto-oligosakarida dan laktitol dan memberikan perlindungan efektif dengan enkapsulasi 72,62%.



Gambar 3. Author dengan jumlah jurnal terbanyak

Penelitian Sedangkan diurutkan 6 keatas semua author sudah mempublish sebanyak 5 sampai 7 jurnal. Diantara beberapa author diantaranya adalah Hu J, Li Y, Chen Y, Li S, Zhang H, dan Zhang Y. Beberapa author tersebut dalam jurnalnya membahas tentang koaservasi kompleks bahan penyalut dalam mikroenkapsulasi. Hal ini pada penelitian (Chen *et al.*, 2023) meneliti tentang asilgliserol koaservasi kompleks gelatin dan gum arab untuk

stabilitas dalam kondisi buruk. Mikroenkapsulasi yang mengandung triasilgliserol, gelatin dan gum arab mendukung tingkat kelangsungan hidup selama proses freeze drying yaitu 96,24%. Penelitian lain (Hu *et al.*, 2021) meneliti tentang mikroenkapsulasi natrium alginat/pektin pada bakteri *Lactobacillus bulgaricus* diaplikasikan pada yoghurt dalam bentuk beads. Dimana hasil penelitian tersebut menunjukkan beads yang seragam dan permukaan halus dengan ukuran diameter kisaran 140-156 μ m, efisiensi enkapsulasi mencapai 85,67%, setelah disimulasikan dalam pH lambung dan garam empedu memiliki $5,78 \times 10^4$ CFU/mL.

Selain itu berdasarkan data dari *publish or perish* dapat dilihat 10 author dengan sitasi terbanyak dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Top 10 penulis dengan jumlah sitasi terbanyak

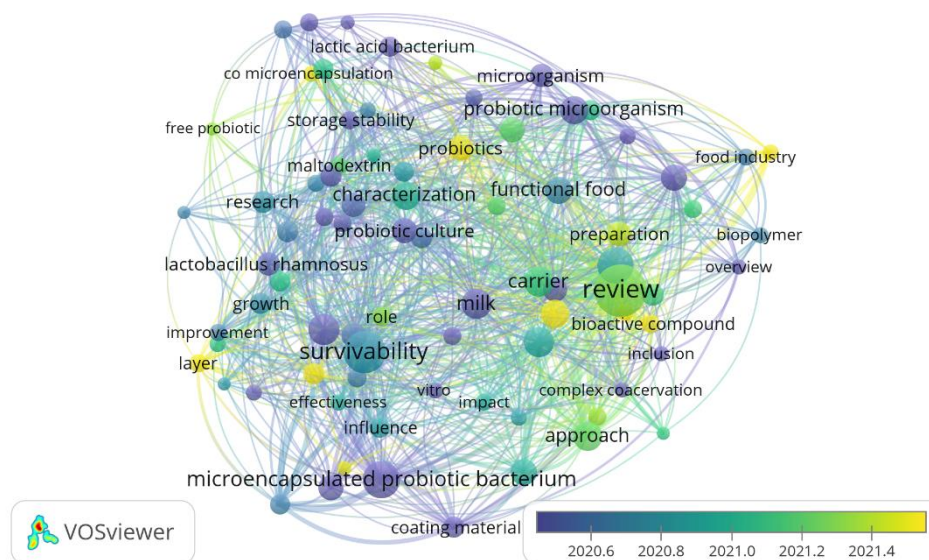
Author	Tahun terbit	Jumlah sitasi	Publisher	GSRank
Terpou <i>et al</i>	2019	598	MDPI	458
El-Saadony <i>at al</i>	2021	367	Elsevier	913
Yao <i>et al</i>	2020	315	Wiley Online Library	1
Champagne <i>et al</i>	2018	259	Elsevier	918
Ye <i>et al</i>	2018	247	Elsevier	141
Min <i>et al</i>	2019	243	Taylor & Francis	397
Kavitake <i>et al</i>	2018	184	Elsevier	551
Reque <i>et al</i>	2021	183	Elsevier	86
Frakolaki <i>et al</i>	2021	182	Taylor & Francis	2
Ramos <i>et al</i>	2018	179	Elsevier	557

Dari Tabel 1. Dapat kita lihat bahwa artikel dengan jumlah sitasi terbanyak merupakan terbitan dari publisher yang dengan IF tinggi. Hal ini tentu dapat menjadi acuan bagi peneliti untuk meningkatkan kualitas artikelnya agar dapat mempublikasikan artikelnya di publisher terbaik didunia. Interpretasi data dari Tabel 1 merupakan hasil dari pencarian menggunakan aplikasi *publish or perish* dengan menggunakan data dalam bentuk html yang kemudian diolah menggunakan Microsoft excel.

3. Tren Objek Penelitian

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa VOSviewer dapat menampilkan tren terbaru melalui tabsheet *overlay visualization*. Tren terbaru penelitian ditandai dengan warna kuning. Tren terbaru 5 tahun terakhir penelitian tentang *microencapsulatin probiotic* memperlihatkan beberapa kata kunci yang berwarna kuning diantaranya adalah

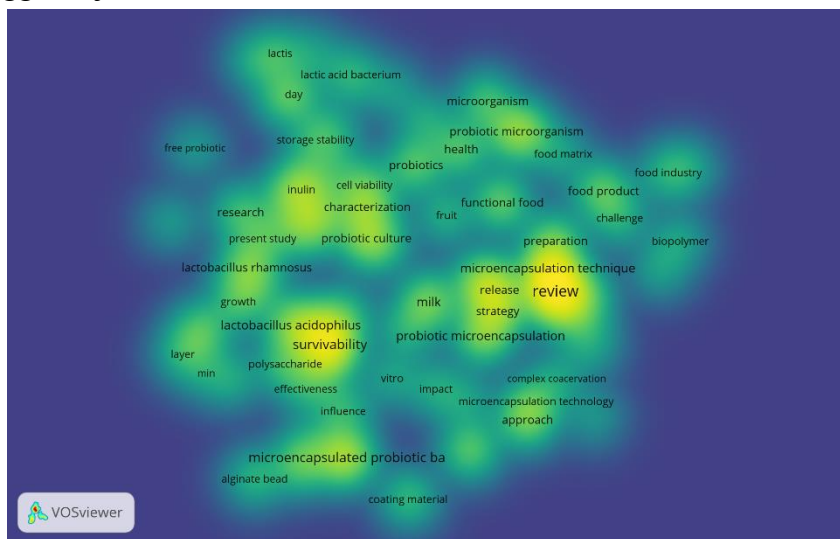
polysaccharide, layer, probiotic, protective effect, bioactive compound, advance, strategy. Pada gambar 4 memperlihatkan tren objek banyak terjadi pada tahun 2020 sedangkan tahun 2021 sangat sedikit. VOSviewer dapat menampilkan kata kunci dengan ditunjukkan oleh *density visualization*, semakin tinggi kerapatan kata kunci menggambarkan topik penelitian pada bidang itu sudah banyak dikaji. Sebaliknya jika kerapatannya sedikit bisa menjadi peluang untuk dilakukan penelitian baru. Secara lengkap kerapatan kata kunci dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Tren objek penelitian “mikroenkapsulation probiotic”

Pada gambar 4. Melalui *tabsheet overlay visualization* penelitian terbaru tentang *layer* berkaitan dengan *polisaccharide*. Hal ini beberapa penelitian terbaru membahas terkait potensi bahan penyalut dengan menggunakan lapisan polisakarida. Pada penelitian (Obradovic *et al.*, 2022) meneliti tentang mikroenkapsulasi probiotik dengan menggunakan whey dan sodium alginat, dimana mikroenkapsulasi kultur secara signifikan meningkatkan viabilitas sel dalam kondisi gastrointestinal dan penyimpanan dibandingkan sel bebas dengan hasil efisiensi enkapsulasi lebih 76,8% dan 81,4% dan tingkat kelangsungan hidup probiotik diatas 7,5 Log CFU/g. Selanjutnya pada penelitian (Zaeim *et al.*, 2020) dalam penelitiannya melakukan mikroenkapsulasi dengan menggunakan multi-polisakarida dengan altomisasi elektro-hidrodinamik dan aplikasinya dalam formulasi es krim. Hasil dalam penelitian tersebut polisakarida yang digunakan adalah inulin dan pati resisten, dimana kedua matriks tersebut secara signifikan meningkatkan kelangsungan hidup probiotik selama penyimpanan 90 hari. dalam penelitian tersebut menunjukkan penggunaan inulin tersebut lebih baik dibandingkan pati dengan jumlah probiotik $9,15 \pm 0,33$ Log

CFU/mL dan $7,23 \pm 0,21$ Log CFU/mL. Pada penelitian Nami *et al.*, (2020) tentang mikroenkapsulasi dengan menggunakan alginat dan gum persia kemudian dicampur prebiotik fruktooligosakarida dan inulin untuk kelangsungan hidup *Lactococcus lactis* ABRIINW-N19 dengan metode ekstruksi dalam kondisi saluran pencernaan. Dimana hasil penelitian tersebut menunjukkan efisiensi enkapsulasi 98,4% dan dapat diterima dalam kondisi saluran pencernaan yaitu diatas 61%, memiliki stabilitas sel yang tinggi yang dapat disimpan selama 6 minggu pada suhu 4°C dan dilepaskan selama 2 jam dalam kondisi kolon dan stabil hingga 12 jam.



Gambar 5. Kerapatan objek penelitian “microencapsulation probiotic”

Pada tabsheet *overlay visualizaton* juga menunjukkan keterkaitan antara *co microencapsulation* dengan *bioactive compound*. beberapa penelitian diantaranya adalah Pandey *et al.*, (2020) meneliti tentang ko-mikroenkapsulasi asam aminobutyric (GABA) dan eksopolisakarida, dimana dalam penelitian ini mikroenkapsulasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* NCDC 414 sebagai penghasil GABA menggunakan bahan dinding dextran 4,6%, inulin 0,4% dan maltodekstrin 8,4%. Formulasi optimal menunjukkan efisiensi enkapsulasi GABA dan *Lactobacillus pantarum* NCDC 414 84,22% dan 99,21%. mikroenkapsulasi yang dihasilkan juga sangat stabil pada suhu panas dan tidak ada perbedaan yang signifikan dalam viabilitas bakteri dan retensi GABA setelah 120 hari penyimpanan pada suhu 4°C. Pada penelitian Abid *et al.*, (2019) meneliti tentang mikroenkapsulasi nisin dengan eksopolisakarida (EPS) yang diproduksi oleh bakteri probiotik *Bacillus tequilensis* GM dan *Leuconostoc citreum* BMS dengan metode spray drying. dimana nisin berhasil dienkapsulasi dengan kompleksasi elektrostatik dengan EPS menggunakan *spray drying*. perubahan struktural yang terjadi pada asam amino nisin setelah dikompleksasi dan *spray drying* juga dianalisis dengan spektrum UV dan hasilnya EPS dari

Bacillus tequilensis GM dapat digunakan sebagai bahan penyalut atau agen pelindung asam amino nisin dengan metode *spray drying*.

KESIMPULAN

Dari analisa bibliometrik ini dapat diketahui bahwa tren penelitian yang banyak dilakukan adalah *review* terkait mikroenkapsulasi probiotik, *microencapsulation technique*, *survivability*, dan *microencapsulated probiotic bacterium*. Sedangkan kata kunci yang masih sedikit dibahas adalah terkait *complex coacervation*, *functional food*, *food industry*, *biopolimer*, *characterization*. Author dengan jumlah publikasi terbanyak adalah Wang Y, Liu H, Li X, dan Li H dan sumber artikel paling banyak mempublish adalah MDPI, Elsevier, Taylor and Francis, Wiley Online Library. Pada tahun 2021 sampai sekarang ada beberapa kata kunci yang menjadi tren topik penelitian *strategy microencapsulation*, *polysaccharide*, *bioactive compound*, *co encapsulation*, *layer*, *advance*, *protective effect*. Demikian mikroenkapsulasi probiotik dapat memiliki peranan yang penting dalam perkembangan pangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dr. Sri Melia, STP., MP dan Dr. Indri Juliyarsi, SP., MP yang telah membimbing dan membantu memfasilitasi penulis dalam melaksanakan kegiatan penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, Y., Gharsallaoui, A., Dumas, E., Ghnimi, S., & Azabou, S. (2019). Spray-drying microencapsulation of nisin by complexation with exopolysaccharides produced by probiotic *Bacillus tequilensis*-GM and *Leuconostoc citreum*-BMS. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 181, 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.05.022>
- Afzaal, M., Saeed, F., Arshad, M.U., Nadeem, M.T., Saeed, M., Tufail, T. (2019) The effect of encapsulation on the stability of probiotic bacteria in ice cream and simulated gastrointestinal conditions. *Probiotics Antimicrob. Proteins*, 11, 1348–1354.
- Chen, Y., Wang, W., Zhang, W., Lan, D., & Wang, Y. (2023). Co-encapsulation of probiotics with acylglycerols in gelatin-gum arabic complex coacervates: stability evaluation under adverse conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 124913. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124913>

- da Silva, S. Â. D., Batista, L. D. S. P., Diniz, D. S., Nascimento, S. S. D. C., Morais, N. S., de Assis, C. F., ... & de Sousa Júnior, F. C. (2023). Microencapsulation of probiotics by Oil-in-Water emulsification technique improves cell viability under different storage conditions. *Foods*, 12(2), 252. <https://doi.org/10.3390/foods12020252>
- de Andrade, D. P., Bastos, S. C., Ramos, C. L., Simões, L. A., Fernandes, N. D. A. T., Botrel, D. A., ... & Dias, D. R. (2023). Microencapsulation of presumptive probiotic bacteria *Lactiplantibacillus plantarum* CCMA 0359: Technology and potential application in cream cheese. *International Dairy Journal*, 143, 105669. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105669>
- de Andrade, D. P., Ramos, C. L., Botrel, D. A., Borges, S. V., Schwan, R. F., & Ribeiro Dias, D. (2019). Stability of microencapsulated lactic acid bacteria under acidic and bile juice conditions. *International journal of food science & technology*, 54(7), 2355-2362. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14114>
- De Prisco, A., and G. Mauriello. (2016). Probiotication of foods: A focus on microencapsulation tool. *Trends in food science and technology*, 48, 27-39.
- Dolly, P., A. Anishaparvin., G. S. Joseph., and C. Anandharamakrishnan. (2011). Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (MTCC 5422) by spray-freeze-drying method and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Microencapsulation*. Vol 28(6). 568-574. Doi: <https://doi.org/10.3109/02652048.2011.599435>
- Durán-Sánchez, A., Álvarez-García, J., Río-Rama, D., Cruz, M., & Oliveira, C., (2018), Religious tourism and pilgrimage: Bibliometric overview. *Religions*, 9 (9), 249. <https://doi.org/10.3390/rel9090249>
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food research international*, 40(9), 1107-1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani R. B., Flint, J. F., Salminen, S., Calder, P. C & Sanders, M. E. (2014). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and

- Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*. Vol. 11. No. 506-514
- Hu, X., Liu, C., Zhang, H., Hossen, M. A., Sameen, D. E., Dai, J., ... & Li, S. (2021). In vitro digestion of sodium alginate/pectin co-encapsulated *Lactobacillus bulgaricus* and its application in yogurt bilayer beads. *International Journal of Biological Macromolecules*, 193, 1050-1058. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.11.076>
- Kilicay, E., Karahaliloglu, Z., Hazer, B., Tekin, I. Ö., & Denkbaz, E. B. (2016). Concanavaline A conjugated bacterial polyester-based PHBHHx nanoparticles loaded with curcumin for breast cancer therapy. *Journal of microencapsulation*, 33(3), 274-285. <https://doi.org/10.3109/02652048.2016.1169325>
- Kowsalya, M., Sudha, K. G., Ali, S., Velmurugan, T., & Rajeshkumar, M. P. (2023). Sustainability and controlled release behavior of microencapsulated *Lactobacillus plantarum* PRK7 and its application in probiotic yogurt production. *Food Bioscience*, 52, 102430.
- Lazarides, M. K., Lazaridou, I. Z., & Papanas, N. (2023). Bibliometric analysis: Bridging informatics with science. *The international journal of lower extremity wounds*, 15347346231153538.
- Lee, Y., Ji, Y. R., Lee, S., Choi, M. J., & Cho, Y. (2019). Microencapsulation of probiotic *Lactobacillus acidophilus* KBL409 by extrusion technology to enhance survival under simulated intestinal and freeze-drying conditions.
- Li, H., Zhang, T., Li, C., Zheng, S., Li, H., & Yu, J. (2020). Development of a microencapsulated synbiotic product and its application in yoghurt. *LWT*, 122, 109033. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109033>.
- Liu, H., Cui, S. W., Chen, M., li, Y., Liang, R., Xu, F., & Zhong, F. (2019). Protective approaches and mechanisms of microencapsulation to the survival of probiotic bacteria during processing, storage and gastrointestinal digestion: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(17), 2863–2878. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1377684>

- Liu, H., Xie, M., & Nie, S. (2020). Recent trends and applications of polysaccharides for microencapsulation of probiotics. *Food frontiers*, 1 (1), 45-59. <https://doi.org/10.1002/fft2.11>
- Mu, R. J., Yuan, Y., Wang, L., Ni, Y., Li, M., Chen, H., & Pang, J. (2018). Microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* with konjac glucomannan hydrogel. *Food Hydrocolloids*, 76, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.07.009>
- Nami, Y., Lornezhad, G., Kiani, A., Abdullah, N., & Haghshenas, B. (2020). Alginate-Persian Gum-Prebiotics microencapsulation impacts on the survival rate of *Lactococcus lactis* ABRIINW-N19 in orange juice. *Lwt*, 124, 109190. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109190>
- Obradović, N., Volić, M., Nedović, V., Rakin, M., & Bugarski, B. (2022). Microencapsulation of probiotic starter culture in protein-carbohydrate carriers using spray and freeze-drying processes: Implementation in whey-based beverages. *Journal of Food Engineering*, 321, 110948. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.110948>
- Pandey, P., & Mishra, H. N. (2021). Co-microencapsulation of γ -aminobutyric acid (GABA) and probiotic bacteria in thermostable and biocompatible exopolysaccharides matrix. *Lwt*, 136, 110293. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110293>
- Paulo, F., & Santos, L. (2017). Design of experiments for microencapsulation applications: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 77, 1327-1340. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.219>
- Peanparkdee M, Iwamoto S, Yamauchi R. (2016) Microencapsulation: a review of applications in the food and pharmaceutical industries. *Reviews in Agricultural Science*. 4:56-65.
- Pinto, S.S., Cavalcante, B.D., Verruck, S., Alves, L.F., Prudêncio, E.S., Amboni, R.D. (2017) Effect of the incorporation of *Bifidobacterium* BB-12 microencapsulated with sweet whey and inulin on the properties of Greek-style yogurt. *J. Food Sci. Technol.* 54, 2804–2813.

- Ribeiro JS, Veloso CM. (2020) Microencapsulation of natural dyes with biopolymers for application in food: A review. Food Hydrocolloids. 106374. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106374>
- Sbehat, M., Mauriello, G., & Altamimi, M. (2022). Microencapsulation of probiotics for food functionalization: An update on literature reviews. *Microorganisms*, 10(10), 1948. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10101948>
- Sharma, R., and Borah, A. (2021). Prospect of microcapsules as a delivery system in food technology: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 10(5), 182-191.
- Sun, W., Nguyen, Q. D., Süli, B. K., Alarawi, F., Szécsi, A., Gupta, V. K., Friedrich, L. F., Gere, A., Bujna, E & Bujna, E. (2023). Microencapsulation and application of probiotic bacteria *Lactiplantibacillus plantarum* 299v strain. *Microorganisms*, 11(4), 947. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040947>
- Wang, Y., Dong, Z., Song, D., Zhou, H., Wang, W., Miao, H., ... & Li, A. (2018). Effects of microencapsulated probiotics and prebiotics on growth performance, antioxidative abilities, immune functions, and caecal microflora in broiler chickens. Food and agricultural immunology, 29(1), 859-869. <https://doi.org/10.1080/09540105.2018.1463972>
- Witzler, J. J. P., Pinto, R. A., de Valdez, G. F., de Castro, A. D., & Cavallini, D. C. U. (2017). Development of a potential probiotic lozenge containing *Enterococcus faecium* CRL 183. *LWT*, 77, 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.011>
- Zaeim, D., Sarabi-Jamab, M., Ghorani, B., Kadkhodae, R., Liu, W., & Tromp, R. H. (2020). Microencapsulation of probiotics in multi-polysaccharide microcapsules by electro-hydrodynamic atomization and incorporation into ice-cream formulation. *Food Structure*, 25, 100147. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2020.100147>
- Zhang, L., Chichlowski, M., Gross, G., Holle, M. J., Lbarra-Sánchez, L. A., Wang, S., & Miller, M. J. (2020). Milk fat globule membrane protects *Lactobacillus rhamnosus* GG from bile stress by regulating exopolysaccharide production and biofilm formation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(24), 6646-6655. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c02267>

- Zhang, L., Taal, M. A., Boom, R. M., Chen, X. D., & Schutyser, M. A. (2018). Effect of baking conditions and storage on the viability of *Lactobacillus plantarum* supplemented to bread. *Lwt*, 87, 318-325. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.005>
- Zhang, L., Tang, P., Li, S., Wang, X., & Zong, W. (2022). Sodium alginate-based wall materials microencapsulated *Lactobacillus plantarum* CICC 20022: characteristics and survivability study. *Food Science and Biotechnology*, 31(11), 1463-1472. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01134-8>
- Zhao, M., Wang, Y., Huang, X., Gaenzle, M., Wu, Z., Nishinari, K., ... & Fang, Y. (2018). Penyimpanan ambien *Lactobacillus plantarum* ST-III mikroenkapsulasi dengan koaservasi kompleks gelatin tipe-A dan gom arab. *Makanan & fungsi*, 9 (2), 1000-1008. <https://doi.org/10.1039/C7FO01802A>
- Zlaugotne, B., & Pubule, J. (2023). Bibliometric Analysis on Sustainability Assessment Methods in the Bioeconomy. In *CONNECT. International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies* (pp. 120-121).