

PENERAPAN TEKNOLOGI NANOKOMPOSIT PADA KEMASAN PANGAN (The Application Of Nanocomposite Technology In Food Packaging)

Roswita Puji Lestari¹, Mohamad Ali Fulazzaky², Aji Jumiono²

¹Laboratorium Kimia, MBRIO Food Laboratory, Bogor - Indonesia

² Magister Teknologi Pangan, Universitas Djuanda

Email korespondensi : ajijumiono@unida.ac.id

ABSTRACT

Nanotechnology is the manipulation and use of materials and structures on the nanometer scale, roughly between 1 and 100 nm. Nanotechnology has invaded the agri-food industry, with many applications. Nanocomposite is one of the development technologies of Nanotechnology. Nanocomposite packaging is a polymer in which certain types of nano materials have been inserted, such as nano composite clay, nano silica particles (SiO₂), carbon nanotubes, graphene, starch nanocrystals, cellulose-based nanofiber or nanowhiskers, chitin chitosan nanoparticles and other inorganics. This paper reviews the main applications of nanocomposites in the field of food packaging. The writing method used in writing this article review is a comparative writing method by collecting various sources obtained from several research journals from 2014 - 2021. From the results of this study, it was found that nanocomposites have very broad potential for their use as food packaging. Such as increasing antimicrobial ability, extending shelf life, maintaining color and sensory quality, as well as other benefits. However, it is necessary to carry out further identification regarding the nature of the interactions between nanoparticles and their effects on the food packaging application process.

Keyword : nanotechnology, nanocomposite, food packaging, shelf life, packaging

ABSTRAK

Nanoteknologi adalah manipulasi dan penggunaan material dan struktur pada skala nanometer, kira-kira antara 1 dan 100nm. Nanoteknologi telah menginvasi industri pertanian pangan, dengan banyak aplikasi. Nanokomposit merupakan salah satu teknologi pengembangan dari Nanoteknologi. Kemasan nanokomposit merupakan polimer yang di dalam materialnya telah disisipkan beberapa jenis nano material tertentu, seperti nano komposit clay, nano partikel silika (SiO₂), carbon nanotubes, graphene, pati nanokristal, nanofiber berbasis selulosa atau nanowhiskers, nanopartikel kitin kitosan dan anorganik lainnya. Jurnal ini mengulas aplikasi utama nanokomposit di bidang pengemasan makanan. Metode penulisan yang digunakan dalam penulisan review artikel ini adalah metode penulisan komparatif dengan mengumpulkan berbagai sumber yang didapat dari beberapa jurnal penelitian dari tahun 2014 - 2021. Dari hasil studi ini, didapatkan hasil bahwa nanokomposit memiliki potensi yang sangat luas untuk kebermanfaatannya sebagai kemasan pangan. Seperti meningkatkan kemampuan antimikrobia, memperpanjang umur simpan, mempertahankan kualitas warna dan sensori, serta manfaat lainnya. Namun, perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut mengenai sifat interaksi antara nanopartikel dan efeknya pada proses pengaplikasian kemasan pangan.

Kata kunci: nanoteknologi, nanokomposit, kemasan pangan, umur simpan, kemasan

How to cite:

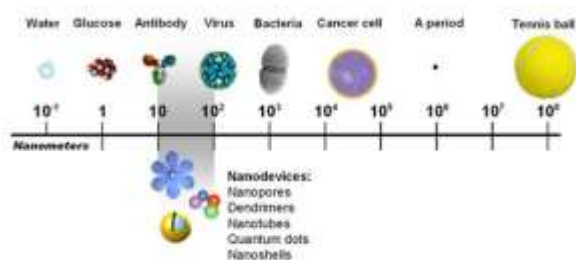
Lestari, R. P., Fulazzaky, M. A., & Jumiono, A. (2023). Penerapan Teknologi Nanokomposit Pada Kemasan Pangan. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 5(2), 102–108. <https://doi.org/10.30997/jiph.v5i2.10150>

<https://ojs.unida.ac.id/JIPH/article/view/10150>

PENDAHULUAN

Sejarah timbulnya nanoteknologi menurut Winarno & Fernandez (2010) berawal pada tahun 1959, disaat ahli fisika Caltech, Richard Feynman memaparkan mengenai suatu visi masa depan ilmu pengetahuan. Feynman dalam pidatonya yang berjudul "There's Plenty of Room at The Bottom" memaparkan hipotesanya jika atom-atom atau molekul-molekul dapat dimanipulasi atau diatur seperti halnya building blocks. Pembuktian dari hipotesanya menyatakan bahwa posisi atom-atom dapat diatur secara teliti dengan alat-alat buatan manusia. Yang kemudian hal ini terwujud di tahun 1989, ketika ilmuwan IBM berhasil memanipulasi 35 atom Xenon, dalam substrat nikel membentuk huruf IBM.

Istilah nanoteknologi berasal dari suku kata Yunani "nano" yang berarti kerdil. Dalam istilah teknis, kata nano berarti benda-benda yang berukuran sangat kecil dengan ukuran sepermiliar meter (10⁻⁹m). Sebagai pembandingan, suatu virus memiliki ukuran 100 nanometer (nm). Disebut nanoteknologi bila yang dituju adalah materi yang memiliki ukuran dari 0,1 sampai 100 nanometer (nm) (Winarno & Fernandez, 2010).



Gambar 1 Perbandingan berbagai ukuran dalam nanometer (Sumber : teknologimakanan.com)

Dalam beberapa tahun ini, eksplorasi dalam bidang nanoteknologi telah berkembang pesat. Hal ini menandakan bahwa dunia nano penuh dengan kejutan, peluang, dan potensi terutama dalam dunia pangan. Nanoteknologi diharapkan dapat mengatasi berbagai masalah yang dihadapi dalam industri pangan salah satunya berkaitan dengan industri bahan kemasan (Winarno & Fernandez, 2010). Hal ini menjadi penting dikarenakan kemasan bersentuhan langsung dengan produk pangan, maka dari itu kemasan

memiliki fungsi yang penting dalam menjaga kualitas dari produk pangan.

Menurut Winarno & Driandi (2012) sebelum penelitian tentang nano teknologi berkembang seperti sekarang ini, banyak diantara para pakar yang menganjurkan agar sebelum memutuskan mengembangkan pangan nano disarankan agar terlebih dahulu mengembangkan bahan kemasan dan teknologi kemasan nano. Sistem pengemasan sendiri adalah produk yang diproduksi dengan bahan apa pun untuk melindungi, menampung, memanipulasi, mendistribusikan, mengangkut, dan mengidentifikasi setiap barang di sepanjang rantai pasokannya, dari bahan mentah hingga pengguna akhir (Kuswandi, 2017). Menurut Syarif (2007), ada 6 fungsi kemasan yang harus dipenuhi oleh suatu bahan pengemas, yaitu :

- 1) Menjaga produk bahan pangan atau hasil pertanian agar tetap bersih dan terlindungi dari kotoran dan kontaminasi.
- 2) Menjaga produk pangan dari kerusakan fisik, perubahan kadar air dan penyinaran.
- 3) Memiliki nilai kemudahan dalam membuka atau menutup, dan juga memudahkan dalam tahap-tahap penanganan, pengangkutan dan distribusi produk.
- 4) Mempunyai fungsi yang baik efisien dan ekonomis, aman untuk lingkungan.
- 5) Memiliki ukuran, bentuk, dan bobot yang sesuai dengan norma atau standar yang ada, mudah dibuang dan mudah dibentuk atau dicetak.
- 6) Menampilkan identifikasi, informasi, daya tarik dan penampilan yang jelas sehingga dapat membantu promosi atau penjualan berdasarkan klasifikasi kemasan

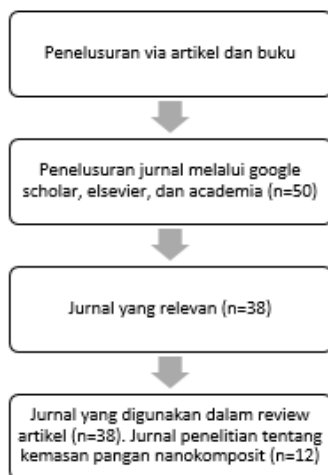
Di industri pengemasan, sebagian besar bahan yang digunakan adalah bahan polimer plastik berbasis minyak bumi yang tidak dapat terdegradasi. Akibatnya, bahan kemasan makanan non degradable ini, merupakan masalah serius pada lingkungan global (Kuswandi, 2017). Sehingga penelitian mengenai nanoteknologi kemasan pangan, menjadi harapan baru untuk membantu mengurai masalah ini.

Saat ini telah dikembangkan jenis kemasan yang memasukkan nanomaterial kedalam bahan kemasan sehingga kemasan tersebut dapat merespon terhadap perubahan kondisi lingkungan atau mereparasi sendiri bahkan

mampu memberi signal waspada terhadap kontaminasi serta ada tidaknya patogen (Winarno & Fernandez, 2010). Dalam industri kemasan pangan, dengan menerapkan nanoteknologi, perusahaan sudah memproduksi bahan kemasan yang memiliki kemampuan untuk memperpanjang umur simpan makanan dan minuman dan meningkatkan keamanan pangan (Kuswandi, 2017).

METODE PENELITIAN

Metode penulisan yang digunakan dalam penulisan review artikel ini adalah metode penulisan komparatif dengan mengumpulkan berbagai sumber yang didapat dari beberapa jurnal penelitian. Studi literatur dilakukan secara online yang dimulai pada 5 Oktober 2022 dengan menggunakan google scholar, elsevier, dan academia. Karakteristik mengenai jurnal yang dicari fokus kepada jurnal yang membahas tentang penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti lain, potensi, manfaat, dan pengaplikasian nanokomposit pada pengemasan pangan dengan rentang tahun 2014 hingga 2022. Selain itu juga studi literatur dilakukan dengan pencarian artikel dan buku yang berkaitan mengenai nanoteknologi khususnya nanokomposit. Studi literatur selengkapya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 4 Bagan Alir Metode Penulisan Review Artikel

HASIL DAN PEMBAHASAN

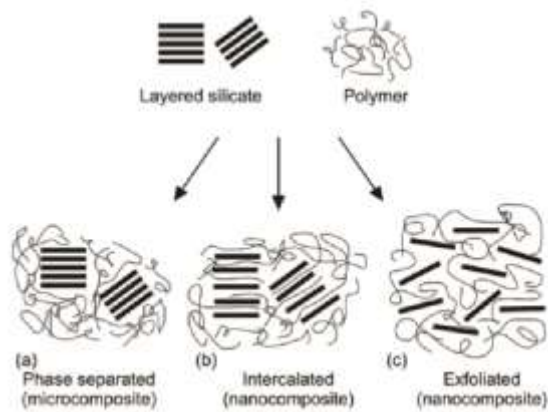
Berbagai studi pustaka untuk kemasan pangan dengan teknologi nanokomposit dalam kurun tahun 2014 – 2021 diantaranya penelitian Roy & Rhim (2019) yang meneliti nanopartikel seng oksida (ZnONP) dibuat dengan mereaksikan seng asetat dengan KOH menggunakan melanin

sebagai bahan penutup, dan digunakan untuk pembuatan film nanokomposit berbasis karaginan antimikroba. Hasilnya kedua nano-komposit film menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap bakteri patogen bawaan makanan Gram-negatif, *E.coli*, tetapi sedikit aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram-positif, *L. monocytogenes*. Penelitian lainnya dilakukan oleh Amin (2021) yang mengkaji Ulvan (U) polisakarida sulfat yang dapat dimakan yang diekstraksi dari *Ulva lactuca*, adalah dimediasi untuk pertama kalinya nanopartikel perak biosintesis non-toksik (Ag-NPs) untuk menghasilkan film bio-nanokomposit baru dan aman yang disebut (U/Ag-NP) film untuk kemasan makanan aktif. Hasilnya film bio-nanokomposit menunjukkan aktivitas antimikroba yang tinggi.

Nanokomposit

Pengemasan pangan ditujukan untuk melindungi produk makanan selama distribusi dan penyimpanan dari kondisi eksternal dan internal yang tidak menguntungkan, seperti uap air, mikroorganisme, gas, pesteran, debu, dan guncangan dan getaran mekanis. Diakibatkan oleh gaya hidup masyarakat modern yang dinamis, produsen makanan berusaha mengembangkan sistem pengemasan fungsional dengan meningkatkan fitur kenyamanan dalam penggunaannya. Dalam sistem pengemasan canggih, fungsi-fungsi ini ditingkatkan melalui mekanisme interaktif yang didorong oleh proses fisik, kimia, dan/atau biologis (Samal, 2017).

Kemasan nanokomposit merupakan polimer yang di dalam materialnya telah disisipkan beberapa jenis nano material tertentu, seperti nano komposit clay, nano partikel silika (SiO₂), carbon nanotubes, graphene, pati nanokristal, nanofiber berbasis selulosa atau nanowhiskers, nanopartikel kitin kitosan dan anorganik lainnya (Berekaa, 2015). Menurut Kuswandi (2017), bahan polimer ini telah menggantikan bahan konvensional (kertas kaca, logam, papan dan keramik), dalam kemasan makanan. Teknologi pembuatan nanokomposit terbagi menjadi 3 metode, yaitu solution technique, in-situ polymerisation, dan meltcompounding (Fatmawati, 2022).



Gambar 1 Tipe interaksi polymer-nanoclays composite

(Source : <https://data03.123doks.com/thumbv2/123dok/000/021/21015/39.612.122.513.84.285/gambar-jenis-jenis-komposit-a-mikrokomposit-fase-terpisah.webp>)

Kelebihan Nanokomposit

Pengemasan makanan nanokomposit merupakan kontribusi terbesar dari teknologi ini di pasar sektor makanan; dan aplikasinya diperkirakan akan meningkat selama dua dekade (Metak, 2015). Kemasan nanokomposit memiliki beberapa kelebihan dibandingkan teknologi kemasan lainnya (Fatmawati, 2022) antara lain ;

- 1) Meningkatkan sifat barrier pada kemasan, sehingga uap air, gas oksigen, aroma maupun sinar matahari tidak dapat menembus ke dalam kemasan.
- 2) Meningkatkan sifat mekanis didalam kemasan. Sifat mekanis yang dimaksud adalah sifat *tensile strength* dalam kemasan. Jika umumnya *tensile strength* pada kemasan polimer plastik semakin tinggi maka daya atau sifat kelenturannya akan semakin menurun. Namun pada nanokomposit, semakin tinggi sifat *tensile strength* suatu polimer plastik maka sifat kelenturannya hanya akan sedikit menurun saja.
- 3) Memiliki fungsi aktif sebagai anti mikroba.
- 4) Memiliki *oksigen scavenger* yang baik.
- 5) Dapat digunakan sebagai nanoindikator maupun nano sensor yang akan mendeteksi bahan pangan menjadi lebih cepat dan lebih sensitif dibandingkan dengan indikator dan sensor dari bahan lain. Contohnya adalah biosensor yang dapat mendeteksi adanya toksin dalam pangan dan mendeteksi mutu pangan yang sudah menurun kualitasnya.
- 6) Meningkatkan stabilitas termal yang dimiliki kemasan. Contohnya polikarbonat yang menggunakan nanokomposit lebih tahan panas dibandingkan dengan polikarbonat (PC/FS) biasa.

- 7) Meningkatkan sifat elektrik, konduktivitas termal, sifat mekanik dan resistensi terhadap suhu tinggi

Aplikasi Nanokomposit

Beberapa contoh penerapan kemasan nanokomposit dalam industri pangan nacoclay dengan jenis polimernya nylon 6 pada aplikasi botol minuman beralkohol di Hite brewery Co (South Korea) dan Miller Brewing (USA). Selain itu sebuah perusahaan korporasi multi nasional pangan di AS bekerja sama dengan peneliti di Rutger University, New Jersey untuk mengembangkan alat sensor sensitif pendeteksi gas, electronic tongue, yang akan disatukan dan diintergrasikan dalam kemasan pangan. Alat ini berisi pengurai dari sensor nano yang sangat sensitif terhadap gas yang dilepaskan oleh mikroorganisme perusak makanan, nantinya akan muncul perubahan warna yang mengidentifikasi bahwa telah terjadi pembusukan atau pengrusakan mutu pada produk pangan (Fatmawati, 2022).

Pembusukan makanan disebabkan oleh mikroorganisme, yang metabolismenya menghasilkan gas yang dapat dideteksi dengan melakukan nanokomposit polimer atau oksida logam, yang dapat digunakan untuk kuantifikasi dan/atau identifikasi mikroorganisme berdasarkan emisi gasnya serta untuk deteksi kesegaran makanan. Perangkat ini terdiri dari serangkaian sensor nano yang sangat sensitif terhadap gas yang dilepaskan oleh mikroorganisme pembusuk, menghasilkan perubahan warna yang menunjukkan apakah makanan tersebut rusak (Kuswandi, 2017).



Gambar 2 Intelligent packaging dengan mencantumkan fresh meter pada kemasan

(Source : https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRVSh3PKMkF9GaFT7caAK6bHZaq6wwb8xp7JX2ZYcuBQByJSGAK_EXUM2Qbys5fJG1VKyY&usqp=CAU)

Saat ini, konsumen akan membayar lebih untuk makanan berkualitas tinggi dan makanan kemasan yang praktis. Perkembangan nanoteknologi yang cepat menyebabkan paparan manusia yang tidak dapat dihindari terhadap bahan nano. Meskipun ada beberapa penelitian dengan pengembangan nanomaterial dalam kemasan makanan, hanya sedikit penelitian tentang kemungkinan toksisitas yang akan berimbas pada kesehatan manusia. Selain itu, migrasi zat dari bahan kemasan ke makanan merupakan masalah kritis dan dapat mempengaruhi keamanan makanan, sehingga menimbulkan kekhawatiran besar bagi konsumen (Agriopoulou, 2016). Untuk alasan ini, semua bahan kemasan baru, baik mengandung bahan nano atau tidak, tunduk pada uji migrasi sebagaimana ditetapkan oleh Peraturan Komisi (UE) No 10/2011 tentang bahan plastik yang bersentuhan dengan makanan (The European Commission, 2011).

Oleh karena itu, penulisan artikel review ini bertujuan untuk memberikan informasi dan gambaran mengenai potensi dan perkembangan mengenai nanokomposit pada kemasan pangan. Adapun mengenai kelebihan, kekurangan, serta dampak bagi lingkungan dan kesehatan akan dibahas berdasarkan studi kasus penelitian terdahulu beserta referensi yang terkait.

Penelitian Morsy *et al.* (2014) mengevaluasi efektivitas film pullulan yang mengandung minyak atsiri dan partikel nano terhadap 4 patogen bawaan makanan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa film yang dapat dimakan yang terbuat dari pullulan dan digabungkan dengan minyak atsiri atau partikel nano dapat meningkatkan keamanan produk daging dan unggas yang didinginkan, segar atau diproses lebih lanjut. Sedangkan menurut Azizi *et al.*, (2014), nanokomposit selulosa nanocrystals/zinc oxide (CNCs/ZnO) tersebar sebagai pengisi berukuran nano bifungsional ke dalam poli(vinil alkohol) (PVA) dan campuran kitosan (Cs) dengan metode penambahan pelarut untuk membuat PVA/Cs/CNCs/ZnO film bio-nanokomposit. Hasilnya film bio nanokomposit ini menghasilkan efek perlindungan UV yang baik. Selain itu, film biokomposit menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap spesies bakteri *Salmonella choleraesuis* dan *Staphylococcus aureus*.

Bionanokomposit dari poli 3-hidroksibutirat-co-3-hidroksivalerat (PHBV) yang diperkuat dengan tabung nano karbon multi-dinding yang dicangkokkan PHBV (PHBV-g-MWCNTs) dibuat melalui metode penambahan

larutan sederhana. Hasil nanokomposit menunjukkan jendela pemrosesan lelehan yang lebih luas dan pengurangan penyerapan air dan permeabilitas uap air. Selain itu, tingkat migrasi stimulan di semua nanokomposit berada di bawah batas migrasi keseluruhan yang disyaratkan oleh standar legislatif saat ini untuk bahan kemasan makanan baik stimulan non-polar maupun polar. (Yu *et al.*, 2014).

Karakterisasi dan aktivitas antimikroba pada biofilm aktif pati quinoa (*Chenopodium quinoa*, W.) dibuat dengan memasukkan nanopartikel emas yang distabilkan oleh silsesquioxane ionik yang mengandung gugus 1,4-diazoniabisiklo oktana klorida. Hasilnya biofilm aktif menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap patogen bawaan makanan dengan persentase penghambatan 99% terhadap *E. coli* dan 98% melawan *S. aureus*. (Pagno *et al.*, 2015). Sedangkan Metak (2015) meneliti nanopartikel konsisten dengan penggabungan 1% nano-perak (Ag) dan 0,1% titanium dioksida (TiO_2) nanopartikel ke dalam bahan polimer yang dibentuk ke dalam wadah makanan telah dikonfirmasi. Kemudian wadah kemasan makanan antimikroba nano-perak komersial dikarakterisasi. Studi ini menunjukkan bahwa aplikasi pengemasan makanan antimikroba nano-perak adalah pendekatan baru terhadap pengawetan makanan dan perpanjangan masa simpannya. Morfologi struktural menunjukkan interkalasi partikel nano Ag dan TiO_2 dalam kisaran 20-70 nm dalam polimer curah dan ini dapat menjelaskan efek antimikroba signifikan yang diamati.

Penelitian terhadap kemasan kertas yang dimodifikasi dengan Ag/ TiO_2 - SiO_2 , Ag/N- TiO_2 atau Au/ TiO_2 . Diaplikasi pada roti tawar yang diamati karakteristik mikrobiologi dan kimianya. Hasil pengujian paket kertas Ag/ TiO_2 - SiO_2 dan kertas Ag/N- TiO_2 dapat diterapkan untuk memperpanjang umur simpan roti selama 2 hari dibandingkan dengan paket kertas yang tidak dimodifikasi. Tidak ada pengaruh Au/ TiO_2 pada perpanjangan umur simpan roti yang diamati (Peter *et al.*, 2016). Pada penelitian yang dilakukan Sarojini *et al.* (2019) menjelaskan bahwa evaluasi struktur dan sifat dari film kemasan makanan biodegradable dibuat dari poliuretan berbasis minyak Mahua (PU) dan kitosan (CS), digabungkan dengan proporsi partikel nano oksida seng yang berbeda. Hasil menunjukkan umur simpan potongan wortel yang dibungkus dengan film komposit dapat diperpanjang hingga 9 hari. Film yang mengandung nanopartikel seng oksida efektif

dalam mengurangi kontaminasi bakteri jika dibandingkan dengan film polietilena komersial. Menurut Medina et al. (2019) menjelaskan bahwa nanopartikel timol kitosan yang dibuat dengan gelasi ionik, guna memperpanjang umur pascapanen buah segar. Hasil penelitian membuktikan bahwa nanopartikel kitosan timol memiliki potensi aplikasi sebagai antimikroba untuk pengawetan buah segar dan sebagai penghalang uap air ketika partikel ini ditambahkan ke dalam film protein kitosan- quinoa. Sejalan dengan penelitian Lin et al. (2019) dalam menyiapkan nanopartikel kitosan yang mengandung minyak kelor *Moringa Oil/chitosan nanoparticles* dan membuat nanofiber gelatin tertanam *Moringa Oil/chitosan nanoparticles* untuk biokontrol *Listeria monocytogenes* dan keju *Staphylococcus aureus*. Hasil aplikasi pada keju, nanofiber *Moringa Oil/chitosan nanoparticles* memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap *L. monocytogenes* dan *S. aureus* pada suhu 4 °C dan 25 °C selama 10 hari, tanpa mempengaruhi kualitas sensori keju. Akibatnya, nanofiber 7 bisa menjadi bahan kemasan makanan aktif yang menjanjikan untuk pengawetan makanan.

Dari hasil penelitian yang pernah dilakukan dalam kurun waktu 2014-2021 tersebut didapatkan hasil bahwa penambahan atau pengaplikasian nanokomposit pada kemasan pangan memiliki efek yang sangat berpotensi di dunia pangan, yaitu :

Meningkatkan Aktivitas Antimikrobia

Sejumlah besar penelitian telah dilakukan pada aktivitas antimikroba dari bahan nano terhadap berbagai jenis mikroorganisme. Penelitian aktivitas antimikroba sebagian besar dilakukan dengan kemasan antimikroba terhadap bakteri hidup dibandingkan dengan matriks makanan asli. Dari jurnal yang didapat penelitian kemasan pernah dilakukan pada matriks makanan:

- a. Daging dan unggas yang didinginkan (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella Typhimurium*, *Listeria monocytogenes* dan *Escherichia coli*)
- b. Roti (*Enterobacteriaceae*, *Yeasts* dan *molds*)
- c. Wortel (*S. aureus* dan *E. coli*)
- d. Buah Segar (*S. aureus*, *S. typhimurium* dan *L. innocua*)
- e. Keju (*L. monocytogenes* dan *S. aureus*)

Hasilnya pada berbagai jenis matriks tersebut kemasan nanokomposit memiliki kemampuan untuk menahan laju aktivitas perkembangan mikroba.

Memperpanjang Umur Simpan

Hasil pengujian kemasan makanan biodegradable dibuat dari poliuretan berbasis minyak Mahua (PU) dan kitosan (CS), digabungkan dengan proporsi partikel nano oksida seng yang berbeda, menunjukkan umur simpan potongan wortel yang dibungkus dengan film komposit dapat diperpanjang hingga 9 hari.

Menjaga Kualitas Warna dan Sensori

Warna permukaan sampel keju pada kelompok kontrol menurun secara signifikan pada suhu 25 °C selama 4 hari sementara sampel yang dibungkus nanofibers menunjukkan undulasi kecil. Demikian pula, atribut sensori dari sampel keju hampir tidak terpengaruh setelah nanofiber dibungkus pada suhu 4°C dan 25°C selama 4 hari. Oleh karena itu, nanofiber tidak hanya dapat memperpanjang umur simpan keju, tetapi juga menjaga kualitas sensoriknya.

Memberikan Efek Perlindungan UV

Pada percobaan aplikasi nanokomposit selulosa nanocrystals/zinc oxide (CNCs /ZnO), hasilnya baik serapan UV maupun intensitas puncak serapan meningkat. Biokomposit PVA/Cs/CNC/ZnO dapat berhasil melindungi dari sinar ultraviolet, dan berpotensi digunakan sebagai bahan pelindung ultraviolet.

KESIMPULAN

Nanokomposit sebagai salah satu teknologi pengembangan dari Nanoteknologi menawarkan berbagai manfaat menarik untuk kemasan makanan, termasuk peningkatan kualitas dan kebersihan makanan, dan perpanjangan umur simpan, dan manfaat lainnya. Penggunaannya untuk kemasan makanan sangat menjanjikan, dengan banyak aplikasi inovatif, dengan bahan kemasan memberikan perlindungan yang sangat baik, sifat antimikroba dan sensor nano yang dapat mendeteksi mikroorganisme atau kontaminan kimiawi pada tingkat yang sangat rendah. Namun, perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut mengenai sifat interaksi antara nanopartikel dan efeknya pada proses pengaplikasian kemasan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Dr. H. I. M., & Hamim, Prof. Dr. S. H. (2014). *Filsafat Ilmu, Ilmu Pengetahuan dan Penelitian* (M. N. Rohman, Ed.; Revisi). Trussmedia Grafika.

- Agriopoulou, S. (2016). Nanotechnology in Food Packaging. *EC Nutrition*, 5, 1137–1141.
- Amin, H. H. (2021). Safe ulvan silver nanoparticles composite films for active food packaging. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 17(1), 28–39.
- Azizi, S., Ahmad, M. B., Ibrahim, N. A., Hussein, M. Z., & Namvar, F. (2014). Cellulose nanocrystals/ZnO as a bifunctional reinforcing nanocomposite for poly(vinyl alcohol)/chitosan blend films: Fabrication, characterization and properties. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(6), 11040–11053.
- Berekaa, M. M. (2015). Nanotechnology in Food Industry; Advances in Food processing, Packaging and Food Safety. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 4(5), 345–357.
- Fatmawati, D. (2022, May 7). *Aplikasi Nanoteknologi dalam Kemasan Pangan*. Media Mahasiswa Indonesia. <https://mahasiswaindonesia.id/aplikasi-nanoteknologi-dalam-kemasan-pangan/>
- Iko Anggara Putra, & Jumiono, A. . (2021). Proses Pengolahan Susu Ultra High Temperature (Uht) Beserta Kemasan Yang Berpengaruh Terhadap Masa Simpan. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 3(1), 44–48. <https://doi.org/10.30997/jiph.v3i1.8729>
- Kuswandi, B. (2017). *Nanotechnology in Food Packaging*. 151–183.
- Lin, L., Gu, Y., & Cui, H. (2019). Moringa oil/chitosan nanoparticles embedded gelatin nanofibers for food packaging against *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* on cheese. *Food Packaging and Shelf Life*, 19, 86–93.
- Medina, E., Caro, N., Abugoch, L., Gamboa, A., Díaz-Dosque, M., & Tapia, C. (2019). Chitosan thymol nanoparticles improve the antimicrobial effect and the water vapour barrier of chitosan-quinoa protein films. *Journal of Food Engineering*, 240, 191–198.
- Metak, A. M. (2015). Effects of Nanocomposite Based Nano-Silver and Nano-Titanium Dioxide on Food Packaging Materials. *International Journal of Applied Science and Technology*, 5(2). www.ijastnet.com
- Morsy, M. K., Khalaf, H. H., Sharoba, A. M., El-Tanahi, H. H., & Cutter, C. N. (2014). Incorporation of Essential Oils and Nanoparticles in Pullulan Films to Control Foodborne Pathogens on Meat and Poultry Products. *Journal of Food Science*, 79(4).
- Pagno, C. H., Costa, T. M. H., de Menezes, E. W., Benvenuti, E. v., Hertz, P. F., Matte, C. R., Tosati, J. v., Monteiro, A. R., Rios, A. O., & Flôres, S. H. (2015). Development of active biofilms of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) starch containing gold nanoparticles and evaluation of antimicrobial activity. *Food Chemistry*, 173, 755–762.
- Peter, A., Mihaly-Cozmuta, L., Mihaly-Cozmuta, A., Nicula, C., Ziemkowska, W., Basiak, D., Danciu, V., Vulpoi, A., Baia, L., Falup, A., Craciun, G., Ciric, A., Begea, M., Kiss, C., & Vatuiu, D. (2016). Changes in the microbiological and chemical characteristics of white bread during storage in paper packages modified with Ag/TiO₂-SiO₂, Ag/N-TiO₂ or Au/TiO₂. *Food Chemistry*, 197, 790–798.
- Roy, S., & Rhim, J. W. (2019). Carrageenan-based antimicrobial bionanocomposite films incorporated with ZnO nanoparticles stabilized by melanin. *Food Hydrocolloids*, 90, 500–507.
- Samal, D. (2017). Use of Nanotechnology in Food Industry: A review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2(4), 2270–2278.
- Sarojini, S., Indumathi, M. P., & Rajarajeswari, G. R. (2019). Mahua oil-based polyurethane/chitosan/nano ZnO composite films for biodegradable food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 163–174.
- Syarif, R. (2007). *Pengemasan Pangan*. Universitas Terbuka.
- The European Commission. (2011). Commission Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the European Union*, 1–89.
- Winarno, F. G., & Driandi, A. (2012, March). *Development of Nanotechnology in Food Industry*. Foodreview Indonesia. <https://www.foodreview.co.id/blog-56626->

Development-of-Nanotechnology-in-Food-Industry.html

Winarno, F. G., & Fernandez, I. E. (2010). *Nanoteknologi Bagi Industri Pangan dan Kemasan*. M-BRIO PRESS.

Yu, H. Y., Qin, Z. Y., Sun, B., Yang, X. G., & Yao, J. M. (2014). Reinforcement of

transparent poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) by incorporation of functionalized carbon nanotubes as a novel bionanocomposite for food packaging. *Composites Science and Technology*, *94*, 96–104.