



“POTENSI NANOTEKNOLOGI DALAM MEMBANGUN KETAHANAN PANGAN”

Ziana Warsani

Program Studi Teknologi Pangan, Institut Teknologi Dan Kesehatan Aspirasi

Article Information

Article history:

Received:
20 Desember 2022
Approved:
12 Januari 2023

Keywords :

Food endurance,
Food industry,
Increased population,
Nanotechnology.

Kata kunci:

Ketahanan pangan,
Industri pangan,
Peningkatan populasi,
Nanoteknologi.

ABSTRACT

Global climate change and rapid population increase inflict challenges to food endurance and demand efficient food improvement methods that ensure superior food quality and quantity. Advances in nanotechnology can be explored to enhance sustainable improvement of agricultural yields. Recently, nanotechnology has made a great revolution in solving various problems faced by the human population especially in the food industry. This literature review aims to describe the potential use of nanotechnology in building food endurance through improvement in processing, packaging, preservation, and food safety. The design of this study used literature review and data collection was carried out using the literature search method with several keywords on internet sites including Research Gate, Science Direct, NCBI and Google Scholar. Based on the 28 literature obtained, nanotechnology has been widely applied in the food industry such as in the fields of processing, packaging, preservation and food safety. The results of this study indicate several successes of nanotechnology that have been applied to several fields in the food industry and the potential of the application will continue to be developed in the future by considering issues of safety and human health.

ABSTRAK

Perubahan iklim global dan peningkatan populasi yang cepat menimbulkan tantangan bagi ketahanan pangan dan menuntut metode perbaikan pangan yang efisien yang memastikan kualitas dan kuantitas pangan yang unggul. Kemajuan dalam nanoteknologi dapat dieksplorasi untuk meningkatkan hasil pertanian yang berkelanjutan. Baru-baru ini, nanoteknologi telah membuat revolusi besar-besaran dalam menyelesaikan berbagai masalah yang dihadapi oleh populasi manusia terutama dalam industri pangan. Studi literature review ini bertujuan untuk mendeskripsikan potensi pemanfaatan nanoteknologi dalam membangun ketahanan pangan melalui perbaikan dalam

pengolahan, pengemasan, pengawetan, dan keamanan pangan. Desain penelitian ini menggunakan literature review dan pengambilan data dilakukan menggunakan metode penelusuran literatur dengan beberapa kata kunci pada situs internet diantaranya *Research Gate*, *Science Direct*, *NCBI* dan *Google Scholar*. Literatur yang diperoleh dianalisis menggunakan *Content Analysis*. Berdasarkan 28 literatur yang diperoleh, nanoteknologi telah banyak diaplikasikan dalam industri pangan seperti pada bidang pengolahan, pengemasan, pengawetan dan keamanan pangan. Hasil penelitian ini menunjukkan beberapa keberhasilan nanoteknologi yang telah diaplikasikan pada beberapa bidang dalam industri pangan dan potensi aplikasi ini masih terus dikembangkan kedepannya dengan mempertimbangkan isu keamanan dan kesehatan manusia.

© 2023 TAMPIASIH

Corresponding author email: warsaniziana5758@gmail.com

PENDAHULUAN

Bagian Situasi global saat ini mulai memberikan perhatian serius terhadap permasalahan pangan. Hampir di setiap negara di dunia dihadapkan dengan permasalahan pangan. Persentase penduduk di bawah garis kemiskinan meningkat secara drastis setiap tahunnya, dan sekitar 800 juta orang berada dalam keadaan kekurangan pangan (Saritha *et al.*, 2022). *Food Agriculture Organization* (FAO) memperkirakan pada tahun 2050 populasi dunia akan mencapai 9 miliar jiwa dan akan terjadi kelangkaan pangan di masa mendatang yang berarti permintaan pangan akan cenderung meningkat dari 59% menjadi 98% untuk memenuhi kebutuhan pangan populasi dunia yang mencapai 9 miliar pada tahun 2050 (Duro *et al.*, 2020).

Untuk mencapai target permintaan pangan di masa mendatang maka diperlukan suatu teknologi baru yang dapat meningkatkan produksi dan memperbaiki kualitas pangan yang dihasilkan oleh petani. Saat ini, teknologi modern seperti bioteknologi dan nanoteknologi telah menjadi solusi yang menjanjikan bagi permasalahan yang dihadapi oleh manusia untuk meningkatkan produksi dan kualitas pangan guna memenuhi kebutuhan pangan dunia yang semakin meningkat (Ariningsih, 2016.). Nanoteknologi dapat memberikan kontribusi yang lebih besar dalam mencapai target nol kelaparan yang merupakan salah satu dari 17 tujuan pembangunan berkelanjutan yang diusulkan oleh FAO. Nanoteknologi telah hadir

sebagai terobosan teknologi yang diyakini dapat meningkatkan hasil seluruh sektor pertanian, termasuk produksi pangan global, serta nilai gizi, kualitas, dan keamanan pangan. Banyak penelitian yang telah berfokus pada penerapan nanoteknologi untuk peningkatan produksi dan pengolahan pangan. Para peneliti menyakini bahwa penerapan nanoteknologi dengan berbagai macam teknik pembuatannya dapat mengamankan kebutuhan pangan global yang semakin meningkat. Penerapan nanoteknologi mempunyai prospek yang sangat baik sebagai alat untuk mengatasi masalah-masalah dalam pengolahan pangan (Neme *et al.*, 2021). Artikel ini bertujuan untuk mendeskripsikan nanoteknologi secara fundamental serta penerapannya dalam industri pangan terutama dalam bidang pengolahan, pengemasan pengawetan dan juga keamanan pangan. Hasil studi ini diharapkan dapat berguna sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun program pengembangan nanoteknologi di bidang pertanian dan pengolahan pangan ke depan.

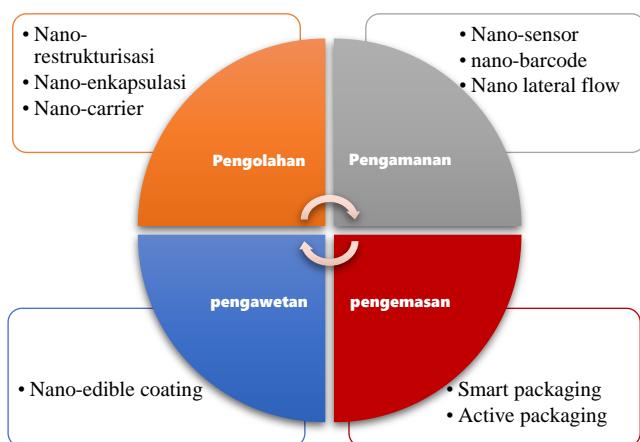
METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini menggunakan *literature review*. Studi *literature review* adalah cara yang dipakai untuk megumpulkan data yang berhubungan dengan sebuah topik tertentu yang bisa didapat dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, internet, dan pustaka lain (Roselle *et al.*, 2019).

Pengambilan data dilakukan menggunakan metode penelusuran literatur. Derajat literatur yang diambil memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain untuk menjadi referensi di dalam artikel. Beberapa literature yang digunakan antara lain diperoleh dari *Science Direct*, *National Centre of Biotechnology* (NCBI), *Research Gate*, *Google Scholar* dengan kata kunci nanoteknologi, nanopartikel, nanoemulsi, nanokomposit dan permasalahan pangan global. Artikel yang diperoleh kemudian difilter dan dipilih beberapa artikel yang memiliki keterkaitan yang dominan dengan topik penelitian ini. *Content analysis* dilakukan sebagai tahap akhir dari metode penelitian untuk mengurangi jumlah data teksual secara sistematis dengan ditransformasi menjadi ringkasan hasil-hasil utama yang sangat teratur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nanoteknologi dalam industri pangan yang ditemukan dan dianalisis dalam literature review ini secara umum mengulas tentang penerapan nanoteknologi dalam industri pangan seperti pada bidang pengolahan pangan, pengemasan pangan menggunakan kemasan aktif dan kemasan “pintar” berbasis nanoteknologi yang bersifat antimikroba, pengawetan pangan yang bertujuan untuk memperpanjang masa simpan produk pangan dan keamanan pangan yang memastikan produk pangan terbebas dari berbagai macam cemaran dengan memanfaatkan nanosensor dan nanobarcode. Aplikasi nanoteknologi pada industri pangan secara umum ditunjukkan pada gambar 1. Berdasarkan literatur yang diperoleh, berikut ini dipaparkan penjelasan aplikasi nanoteknologi dalam industri pangan.



Gambar 1. Aplikasi Nanoteknologi dalam Industri Pangan.

1. Pengertian Nanoteknologi

Nanoteknologi merupakan manipulasi material yang berukuran 1-100 nanometer (nm) dan secara fundamental memiliki sifat fisik, kimia dan biologi serta fungsi yang berbeda dengan bahan serupa yang berukuran besar (*bulk material*). Sejumlah sifat tersebut dapat diubah-ubah dengan melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan, dan pengontrolan interaksi antar partikel. Ruang lingkup nanoteknologi yaitu nanopartikel. Nanopartikel dapat terjadi secara alami atau melalui proses sintetik manusia dengan tujuan untuk mengubah ukuran partikel kurang dari 100 nm (Prasetyo, 2020). Pada dasarnya, nanoteknologi merupakan ilmu interdisiplin dari ilmu fisika, kimia, biologi, ilmu pengetahuan bahan, dan keteknikan yang di dalamnya tidak hanya berupa proses pengecilan ukuran bahan/materi menjadi bentuk nanometer (10^{-9} m), namun juga menyusunnya menjadi ukuran nano dengan struktur yang diatur sedemikian rupa sehingga produk yang dihasilkan memiliki sifat “unik” yang disesuaikan dengan tujuan sifat produk yang diinginkan (Dasgupta *et al.*, 2015).

Keunggulan nanoteknologi seperti ukuran partikel yang kecil akan menghasilkan luas permukaan yang lebih besar sehingga berpotensi untuk meningkatkan kelarutan, penyerapan dan ketersediaan biologis (bioavailabilitas) senyawa aktif yang tinggi, serta pelepasan yang terkontrol (Sekhon, 2010). Ukuran

partikel yang kecil tersebut menghasilkan sifat fisikokimia baru, seperti luas permukaan, reaktivitas dan warna yang sangat berbeda dibandingkan material pada ukuran konvensional (Perez-Esteve *et al.*, 2013). Sifat baru dan unik tersebut membuka peluang yang besar bagi pengembangan aplikasi dan produk inovatif di berbagai bidang pangan karena dapat menghemat bahan baku, mempercepat dan mengefisiensikan proses, serta meningkatkan presisi dan akurasi (Yuliasari *et al.*, 2014).

Beberapa industri pangan dan pertanian dapat memanfaatkan nanoteknologi untuk meningkatkan karakteristik dan sifat fungsional pangan, deteksi patogen atau kontaminan, dan sebagai *delivery system* bahan pangan fungsional. Nanoteknologi memungkinkan para ilmuwan untuk mengukur, mengontrol, dan memanipulasi materi pada skala nano untuk mengubah sifat dan fungsi dengan cara yang menguntungkan (Singh *et al.*, 2017)

2. Metode Pembuatan Material Nanopartikel

Secara umum, sintesis partikel nano terbagi dalam dua pendekatan yaitu pendekatan dengan *Top-Down* dan pendekatan *Bottom-Up*. Pendekatan *Top-Down* adalah memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran kecil berskala nanometer, sebaliknya pendekatan *Bottom-Up* adalah memulai dari atom-atom atau molekul-molekul yang digabung untuk membentuk partikel berukuran nanometer sesuai dengan yang dikehendaki. Kedua pendekatan tersebut berperan sangat penting dalam nanoteknologi (Neme *et al.*, 2021).

Keunggulan pendekatan *Top-Down* yaitu kemampuannya untuk menghasilkan sifat/kesatuan pada suatu lokasi yang tepat. Akan tetapi, pendekatan tersebut mempunyai kelemahan seperti membutuhkan peralatan mahal dan biaya operasi tinggi, kebutuhan daya tinggi, potensi kerusakan peralatan, dan kesulitan dalam memproduksi droplet yang sangat halus dari beberapa jenis bahan pangan (misalnya, minyak yang sangat kental). Sebaliknya, pendekatan *Bottom-Up* menjanjikan peluang yang lebih baik untuk aplikasi tertentu dalam industri makanan dan

minuman, karena lebih efektif dalam memproduksi droplet yang sangat halus, membutuhkan peralatan yang lebih sederhana dan biaya energi lebih rendah, serta lebih mudah untuk diterapkan, disisi lain, pendekatan *Bottom-Up* memiliki kelemahan yaitu keterbatasan pada jenis minyak dan pengemulsi yang dapat digunakan untuk membentuk nanoemulsi yang stabil, dan jumlah pengemulsi yang digunakan relatif tinggi (Upadhyay *et al.*, 2021).

3. Nanoteknologi dalam Bidang Pangan

a. Pengolahan Pangan

Nanoteknologi dalam pengolahan pangan dapat dimanfaatkan untuk perbaikan produk makanan terkait tekstur makanan, penampilan makanan, rasa makanan, nilai gizi makanan dan umur simpan makanan. Secara umum peran nanoteknologi dalam industri pengolahan pangan dikelompokan menjadi tiga, yaitu: (1) nanoteknologi sebagai media pembawa (*nano-carrier*) berfungsi untuk mempercepat penyerapan zat gizi, (2) nanoteknologi untuk ingredient pangan dan aditif pangan yang dienkapsulasi skala nano (*nanoencapsulated*) dengan manfaat untuk sulih rasa dan pencegahan degradasi, (3) aditif pangan dalam bentuk nanopartikel yang bermanfaat untuk meningkatkan bioavailabilitas, sebagai antimikroba, dan dapat dimanfaatkan sebagai kemasan pintar (*smart packaging*) (Biswas *et al.*, 2022).

Inovasi dalam pengolahan pangan berupa nano restukturisasi bahan pangan alami yang memungkinkan produksi pangan dengan kadar lemak lebih rendah, namun tetap memiliki cita rasa yang enak seperti aslinya. Contohnya yaitu es krim, mayonnaise atau spread (pangan olesan) dengan kadar lemak rendah tetapi memiliki tekstur *creamy* seperti produk dengan kadar lemak tinggi (Chaudhry & Castle, 2011). Yuliani *et al.*, (2012) telah mengembangkan produk spread untuk roti dan kue yang terbuat dari nanoemulsi lemak kakao (cocoa butter). Dalam bentuk nanoemulsi, lemak kakao

yang dibutuhkan lebih rendah untuk menghasilkan spread dengan sifat organoleptik yang sama. Penggunaan lemak kakao dalam bentuk nanoemulsi dapat menghasilkan spread rendah lemak yang lebih sehat. Pada level komersial, *Unilever* telah menggunakan nanoemulsi untuk membuat produk es krim rendah lemak tanpa mempengaruhi cita rasanya. Demikian pula *Nestle* telah mengembangkan sistem nanoemulsi air dalam minyak untuk mempercepat dan mempermudah proses pencairan/pelunakan produk pangan beku (*Thawing*) (Silva *et al.*, 2012).

Dalam pengolahan pangan juga telah dikembangkan nano kapsul yang ditambahkan pada pangan sehingga zat-zat gizi diserap secara lebih efektif. (Rhodes, 2014) melaporkan beberapa produk nanoteknologi yang diterapkan dalam pengolahan pangan seperti nanokapsul berisi minyak ikan tuna (sumber asam lemak omega-3) yang ditambahkan pada roti, dengan menggunakan nanokapsul, minyak ikan tuna akan dilepaskan hanya ketika sudah berada di dalam lambung, sehingga rasa minyak ikan yang bagi sebagian orang tidak menyenangkan, dapat dihindari.

Sistem pembawa berstruktur nano (*Nano Carrier*) dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kelarutan, stabilitas maupun penyerapan zat gizi dan senyawa bioaktif yang memiliki kelarutan yang rendah di dalam air serta sensitif terhadap oksigen, cahaya, panas, dan atau pH, sehingga mudah mengalami kerusakan pada saat pengolahan, penyimpanan, transportasi dan atau pencernaan (Perez-Esteve *et al.*, 2013), sebagai contoh pengembangan nanoenkapsulasi vitamin A untuk bahan fortifikasi atau pengayaan gizi pangan dan nanoemulsi minyak sawit merah yang diperkaya β -karoten sebagai ingredien pangan fungsional (Yuliasari *et al.*, 2014).

b. Pengemasan Pangan

Pengemasan pangan berbasis nanoteknologi diketahui paling banyak dan paling cepat perkembangan

penerapannya dalam industri pangan. Pengemasan pangan yang aman penting untuk menjaga kualitas produk pangan. Kelemahan utama dalam pengemasan makanan adalah bahan utama yang digunakan dapat menurunkan kualitas makanan yang dikemas (Ariningsih, 2016). Dalam hal ini penerapan nanoteknologi memungkinkan perbaikan sifat mekanis dan sifat fungsional dari kemasan, diantaranya menambah kekuatannya, memperbaiki sifat penghambatan difusi gas atau uap air, kestabilan terhadap suhu dan kemampuan antimikroba pada kemasan yang dilengkapi dengan sensor nano, dan nano-barcode yang dapat membantu melacak dan monitoring kondisi produk selama distribusi dan penyimpanan, serta mempermudah deteksi cemaran dan kerusakan sebelum dikonsumsi (Romadhan, 2020).

Sistem pengemasan untuk masa yang akan datang dituntut mampu menutup pori-pori kecil pada kemasan dan memiliki respon yang baik terhadap lingkungan seperti perubahan suhu, udara dan kelembaban. Selain itu tren kemasan masa depan adalah *biodegradable* dan memiliki kemampuan antimikroba. Penyisipan material nano di dalam polimer kemasan (*nanopackaging*) dapat dijadikan alternatif bahan pengemas dan diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah produk pangan.

Penyisipan material nano ke dalam polimer plastik telah mendorong berkembangnya bahan-bahan kemasan pangan inovatif yang secara umum dapat digolongkan dalam empat katagori, yaitu (1) nanokomposit polimer dengan kandungan nanopartikel hingga 5% dan menghasilkan karakteristik yang lebih baik dalam hal fleksibilitas, daya tahan, stabilitas terhadap suhu dan atau kelembaban, serta perpindahan/migrasi gas, (2) kemasan "aktif" berupa polimer yang mengandung material nano yang bersifat antimikroba, (3) *nanocoating* "aktif" untuk menjaga higienitas permukaan bahan pangan dan nano-

coating hidrofobik sehingga permukaan bahan/kemasan memiliki daya bersih mandiri (*self-cleaning surfaces*), (4) kemasan “pintar” yang didalamnya terdapat nanosensor untuk memonitor dan melaporkan kondisi pangan dan atau kondisi atmosfer didalam kemasan dan nanobarcodes untuk mengetahui keautentikan/ketertelusuran pangan (Wyrwa & Barska, 2017).

Saat ini telah banyak dikembangkan penelitian inovatif tentang pengemasan pangan seperti pengembangan kemasan “aktif” (*active packaging*) berbahan polimer yang mengandung material nano yang bersifat antimikroba. Penelitian tentang nanopartikel perak yang dimasukkan dalam matriks biopolimer sebagai nano *active packaging* telah terbukti menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap beberapa bakteri seperti *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* dan *Salmonella*. Matriks biopolimer berbasis nanopartikel perak yang digunakan meliputi selulosa, kitosan, agar/pisang dan gelatin (Kraśniewska et al., 2020).

Selain sebagai kemasan aktif, nanoteknologi juga dapat diaplikasikan sebagai kemasan pintar (*Smart Packaging*) yang digunakan untuk mendeteksi adanya kontaminasi atau pembusukan makanan kemasan. *Smart Packaging* dilengkapi dengan *nano barcodes* untuk mengetahui keautentikan/ ketertelusuran pangan dan dilengkapi juga dengan nano sensor untuk memberikan informasi terkait kondisi bahan pangan di dalam kemasan dan di luar kemasan (Shafiq et al., 2020). Beberapa *Smart Packaging* yang telah mengaplikasikan nanoteknologi untuk mendeteksi kontaminan serta mendeteksi kesegaran misalnya nanopartikel emas, nanokomposit seng oksida (ZnO) dan titanium dioksida (TiO₂) yang digunakan dalam *Smart Packaging*, yang masing-masing mendeteksi gas amina yang dihasilkan oleh pembusukan daging, pertumbuhan mikroba, dan senyawa volatil organic

(Chellaram et al., 2014). Selain itu, nanopartikel emas juga digunakan untuk mendeteksi racun jenis alfatoksin B1 pada produk susu dan nanokomposit dimanfaatkan sebagai penghalang gas pada produk minuman berkarbonasi (Hamad et al., 2017).

c. Pengawetan Pangan

Makanan merupakan komoditas dengan karakteristik mudah rusak dan tidak tahan lama, untuk mempertahankan kualitas agar sama dengan makanan pada saat diproduksi, maka produk makanan tersebut harus melalui proses pengawetan baik secara fisik maupun kimia. Aplikasi nanoteknologi dalam pengawetan makanan telah menunjukkan beberapa hasil yang menjanjikan dalam hal memperpanjang umur simpan tanpa menghilangkan sifat organoleptik awal dan tanpa menimbulkan masalah keamanan pangan (Saritha et al., 2022)

Dalam pengawetan pangan telah dikembangkan *Nano Edible Coating* (NEC) yang berupa lapisan tipis 5 nm yang dapat dikonsumsi. Jenis *coating* tersebut dapat digunakan untuk daging, keju, buah-buahan, sayuran, *bakery*, dan sebagainya. NEC dapat memberikan pelindung terhadap udara dan pertukaran gas, selain itu berfungsi sebagai wahana untuk lebih menampakkan warna, cita rasa serta senyawa *antibrowning* dan dapat meningkatkan daya simpan produk bahkan setelah kemasan dibuka. Produk NEC banyak dikembangkan dan diaplikasikan pada permukaan buah segar untuk mempertahankan mutu dan umur simpannya. (Prakash et al., 2020) telah menerapkan NEC menggunakan nanoemulsi natrium alginat pada buah nanas segar yang telah dipotong menunjukkan hasil yang dapat meningkatkan tampilan warna buah dan menurunkan pertumbuhan mikroba *Listeria monocytogenes* dan *Salmonella typhimurium* selama 12 hari penyimpanan sehingga memberikan peluang lebih besar untuk meningkatkan umur simpan nanas segar. Hasil penelitian (Nabifarkhani et al., 2015)

menunjukkan bahwa aplikasi NEC yang terbuat dari nanokomposit kitosan dapat memperpanjang umur simpan, menghasilkan penampakan yang lebih baik dan mencegah pertumbuhan jamur pada buah cherry.

Penambahan nanopartikel perak pada saat produksi kaleng untuk penyimpanan makanan terbukti dapat bekerja sebagai antibakteri melawan *B. subtilis*, *B. cereus*, *E. coli*, *S. aureus*, dan *P. aeruginosa* yang hidup di dalam makanan yang disimpan dalam kaleng. Hal ini dapat mengurangi resiko adanya bakteri yang membahayakan kesehatan. Mekanisme antibakteri ini juga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada makanan kaleng sehingga umur simpan semakin lama (Biswas *et al.*, 2022).

d. Keamanan Pangan

Keamanan pangan menjadi perhatian utama yang dipertimbangkan oleh jasa penyedia makanan dan juga konsumen. Tujuan utama dari keamanan pangan adalah untuk memastikan bahwa makanan tidak akan membahayakan, bebas dari segala jenis cemaran fisik, kimia, dan biologis terutama pathogen, racun, dan kontaminan lainnya yang dapat menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia. Selama ini metode konvensional yang digunakan untuk mendeteksi cemaran pada makanan membutuhkan tenaga dan waktu yang lebih lama (Pal, 2017).

Kemajuan dalam nanoteknologi telah mempercepat penanganan masalah keamanan pangan untuk mendeteksi kontaminasi mikroba dan berbagai cemaran lainnya. Pengembangan alat deteksi berbasis nanoteknologi memungkinkan waktu deteksi dalam beberapa jam bahkan menit. Nanopartikel logam, nanotube karbon, quantum dots, dan bahan nano aktif lainnya telah dikembangkan untuk pembuatan nanosensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi patogen terkait makanan serta pengujian lain untuk aplikasi keamanan pangan. Partikel berbasis nanosensor dirancang

untuk dapat berpendar dalam berbagai warna ketika adanya pathogen yang terdeteksi pada makanan. Nanosensor semacam itu dapat ditempatkan langsung ke dalam bahan kemasan untuk mendeteksi bahan kimia yang dilepaskan selama pembusukan makanan. Selain itu molekul DNA sintetik yang ditandai dengan probe berkode warna juga digunakan sebagai nano-barcode untuk mengidentifikasi patogen pada makanan. (Bajpai *et al.*, 2018)

Alat deteksi lain berbentuk strip berbasis lateral-flow telah dikembangkan oleh (Tominaga, 2018) yang dirangkaikan dengan nanopartikel palladium untuk mendeteksi adanya bakteri *Klebsiella* pada makanan yang memungkinkan pengikatan spesifik serta dapat divisualisasikan.

4. Isu Keamanan Produk Pangan dengan Nanoteknologi

Aplikasi nanoteknologi pada bidang pangan saat ini masih banyak menuai pro dan kontra. Dibalik keunggulan dalam pengaplikasianya, penggunaan nanopartikel dalam bidang pangan terutama yang dicampurkan langsung pada produk pangan masih mengundang tanda tanya apakah aman untuk dikonsumsi. Kekhawatiran ini didasarkan pada empat hal yaitu pertama, material nano berbeda dengan material berukuran mikro sehingga diperkirakan bahan nano tersebut dapat menimbulkan resiko keamanan yang tidak diperkirakan sebelumnya. Kedua potensi pengaruh nanopartikel pada saluran pencernaan belum banyak diketahui sehingga penerapan nanoteknologi dalam bidang pangan membutuhkan pengetahuan tentang bahaya tertentu akibat mengkonsumsi bahan berukuran nano. Ketiga, masih kurangnya informasi ilmiah atau hasil penelitian yan berkaitan dengan dampak kesehatan (toksisitas) yang ditimbulkan oleh partikel berukuran nano. Keempat, adanya laporan tentang penarikan produk non konsumsi yang menggunakan nanoteknologi yang dilaporkan menyebabkan gangguan jalan pernafasan dan diketahui bahwa partikel dengan ukuran

30 nm dapat masuk ke dalam darah dan otak (Romadhan, 2020).

Dampak negatif terhadap lingkungan serta kesehatan manusia perlu dipertimbangkan dan dikaji lebih mendalam sehingga efek negatif dari aktivitas penggunaan nanoteknologi dapat diminimalkan selama percobaan berlangsung ataupun saat implementasi di skala yang lebih luas dan untuk menghilangkan limitasi dari nanoteknologi ini, maka perlu ditetapkan regulasi yang jelas dan spesifik tentang penggunaan nanoteknologi dalam pangan. (Saritha *et al.*, 2022)

SIMPULAN

Nanoteknologi dalam industri pangan secara umum bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas dari produk pangan yang dihasilkan sehingga dapat memenuhi kebutuhan pangan global. Sejauh ini nanoteknologi telah berhasil diaplikasikan pada beberapa bidang di industri pangan seperti pengolahan, pengemasan, pengawetan dan keamanan pangan. Aplikasi nanoteknologi dalam industri pangan masih terus dikembangkan sampai saat ini dan seterusnya. Meski menjadi ujung tombak kemajuan ilmu pengetahuan di era modern, dampak negatif yang ditimbulkan oleh nanoteknologi tidak dapat dikecualikan. Dampak negatif terhadap lingkungan serta kesehatan manusia perlu dipertimbangkan dan dikaji lebih mendalam serta perlu ditetapkan regulasi yang jelas dan spesifik tentang penggunaan nanoteknologi dalam industri pangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada setiap yang terlibat dalam penulisan artikel review ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ariningsih, E. (2016). Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan

Pengolahan Pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 34(1) : 2.

Bajpai, V. K., Kamle, M., Shukla, S., Mahato, D. K., Chandra, P., Hwang, S. K., Kumar, P., Huh, Y. S., & Han, Y. K. (2018). Prospects of Using Nanotechnology for Food Preservation, Safety, and Security. *Journal of Food and Drug Analysis* (Vol. 26, Issue 4, pp. 1201-1214). <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.06.011>

Biswas, R., Alam, M., Sarkar, A., Haque, M. I., Hasan, M. M., & Hoque, M. (2022). Application of Nanotechnology In Food: Processing, Preservation, Packaging and Safety Assessment. *Helijon*, 8(11), e11795. <https://doi.org/10.1016/J.HELION.2022.E11795>

Chaudhry, Q., & Castle, L. (2011). Food Applications Of Nanotechnologies: An Overview Of Opportunities and Challenges for Developing Countries. *Trends in Food Science and Technology*, 22(11), 595-603. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.01.001>

Chellaram, C., Murugaboopathi, G., John, A. A., Sivakumar, R., Ganeshan, S., Krithika, S., & Priya, G. (2014). Significance of Nanotechnology in Food Industry. 4th International Conference on Agriculture and Animal Science (CAAS 2013). *APCBE Procedia*, 8, 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.03.010>

Dasgupta, N., Ranjan, S., Mundekkad, D., Ramalingam, C., Shanker, R., & Kumar, A. (2015). Nanotechnology in Agro-Food: From Field to Plate. *Food Research International*, 69, 381-400. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2015.01.005>

Duro, J. A., Lauk, C., Kastner, T., Erb, K. H., & Haberl, H. (2020). Global Inequalities in Food Consumption, Cropland Demand and land-Use Efficiency: A decomposition analysis. *Global Environmental Change*, 64. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2020.102124>

Hamad, A. F., Han, J.-H., Kim, B.-C., & Rather,

- I. A. (2017). The Intertwine of Nanotechnology with the Food Industry. *Saudi Journal of Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.09.004>
- Kraśniewska, K., Galus, S., & Gniewosz, M. (2020). Biopolymers-Based Materials Containing Silver Nanoparticles as Active Packaging for Food Applications—A Review. *International Journal of Molecular Sciences* 2020, Vol. 21(3), 698. <https://doi.org/10.3390/IJMS21030698>
- Nabifarkhani, N., Sharifani, M., Garmakhany, A. D., Moghadam, E. G., & Shakeri, A. (2015). Effect of Nano-Composite and Thyme Oil (*Tymus vulgaris* L.) Coating on fruit Quality Of Sweet Cherry (*Takdaneh Cv*) During Storage Period. *Food Science and Nutrition*, 3(4), 349-354. <https://doi.org/10.1002/fsn3.226>
- Neme, K., Nafady, A., Uddin, S., & Tola, Y. B. (2021). Application of Nanotechnology in agriculture, Postharvest Loss Reduction and Food Processing: Food Security Implication And Challenges. *Heliyon*, 7(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08539>
- Pal, M. (2017). Nanotechnology: A New Approach in Food Packaging. <https://doi.org/10.4172/2476-2059.1000121>
- Perez-Esteve, E., Bernardos, A., Martinez-Manez, R., & M. Barat, J. (2013). Nanotechnology in the Development of Novel Functional Foods or their Package. An Overview Based in Patent Analysis. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 5(1), 35-43. <https://doi.org/10.2174/2212798411305010006>
- Prakash, A., Baskaran, R., & Vadivel, V. (2020). Citral Nanoemulsion Incorporated Edible Coating to Extend the shelf Life of fresh Cut Pineapples. *Lwt*, 118(November). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108851>
- Prasetyo, K. W. (2020). Aplikasi Nanoteknologi Dalam Industri Hasil Hutan. *Jurnal Akar*. Vol. 2, No 1, (2020): 15-26
- Rhodes, C. J. (2014). Eating Small: Applications and Implications for Nanotechnology in Agriculture and the Food Industry. *Science Progress*, 97(2), 173–182. https://doi.org/10.3184/003685014X13995384317938/ASSET/003685014X13995384317938.FP.PNG_V03
- Romadhan, M. F. (2020). Peran Nanoteknologi Dalam Keamanan Pangan. *Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia*, 1, 4.
- Roselle, L., Spray, S., & Shelton, J. T. (2019). Research and writing in international relations. <https://doi.org/10.4324/9780429446733>
- Saritha, G. N. G., Anju, T., & Kumar, A. (2022). Nanotechnology- Big impact: How Nanotechnology is Changing the Future of Agriculture? *Journal of Agriculture and Food Research*, 10(November), 100457. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100457>
- Sekhon, B. (2010). Food Nanotechnology an overview. *Nanotechnology, Science and Applications*, 1. <https://doi.org/10.2147/NSA.S8677>
- Shafiq, M., Anjum, S., Hano, C., Anjum, I., & Abbasi, B. H. (2020). An Overview of the Applications of Nanomaterials and Nanodevices in the Food Industry. *Foods*, 9(2), 1–27. <https://doi.org/10.3390/foods9020148>
- Silva, H. D., Cerqueira, M. Â., & Vicente, A. A. (2012). Nanoemulsions for Food Applications: Development and Characterization. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 854–867. <https://doi.org/10.1007/S11947-011-0683-7>
- Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V. K., & Rather, I. A. (2017). Application of Nanotechnology in Food Science: Perception and Overview. *Front. Microbiol*, 8, 1501. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501>
- Tominaga, T. (2018). Rapid detection of *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Raoultella ornithinolytica* and Other Related Bacteria in Food by Lateral-

flow Test Strip Immunoassays. *Journal of Microbiological Methods*, 147(January), 43–49.
<https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.02.015>

Upadhyay, K., katel, shambhu, Mandal, H., Yadav, S., Kharel, A., & Dahal, R. (2021). A review on Nano Technology Application in Agriculture. *Fundamental and Applied Agriculture*, 0, 1. <https://doi.org/10.5455/FAA.127296>

Wyrwa, J., & Barska, A. (2017). Innovations in the Food Packaging Market: Active Packaging. *European Food Research and Technology*, 243(10), 1681–1692. <https://doi.org/10.1007/S00217-017-2878-2/TABLES/2>

Yuliani S, Harimurti N, Nurdjannah N, Herawati H. (2012). Teknologi nanoemulsi Lemak Kakao (Cocoa Butter) sebagai Bahan Spread Kaya Antioksidan untuk Rerotian dan Biskuit. Laporan Akhir Penelitian. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.

Yuliasari, S., Fardiaz, D., & Andarwulan, N. (2014). *Karakteristik Nanoemulsi Minyak Sawit Merah*. 20(September), 111–121.