

Reviu: Penerapan teknologi nano pada produk hasil ternak

Review: Application of nanotechnology in animal products

Agus Hadi Prayitno¹, Budi Prasetyo¹, Dharwin Siswanto¹, Dyah Laksito Rukmi², Hariadi Subagja¹, Dadik Pantaya¹, Adib Norma Respati³, Budi Utomo², Tri Agus Siswoyo⁴, Triana Lindriati⁵, dan Yuny Erwanto⁶

¹Program Studi Manajemen Bisnis Unggas, Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip Po Box 164 Jember 68101

²Program Studi Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip Po Box 164 Jember 68101

³Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip Po Box 164 Jember 68101

⁴Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37 Jember 68121

⁵Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37 Jember 68121

⁶Departemen Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Fauna No. 3 Bulaksumur, Yogyakarta 55281

*Email Koresponden: agushp@polije.ac.id

Abstrak. Kesadaran konsumen semakin meningkat akan *food safety* dan *food security* seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi dan kualitas hidup yang semakin meningkat, teknologi nano menjadi perhatian penting untuk dapat memenuhi permintaan di masa depan akan produk hasil ternak. Penerapan partikel berstruktur nano telah banyak dieksplorasi untuk memproduksi produk hasil ternak dengan *food safety* dan *food security* yang tinggi. Teknologi nano juga dapat diaplikasikan untuk memproduksi pangan dengan protein tinggi tanpa menyembelih hewan ternak dalam bentuk daging artifisial yang prosesnya dikembangkan di laboratorium. Kualitas gizi dan kuantitas pangan di masa yang akan datang juga dapat dipenuhi melalui aplikasi teknologi nano. Kualitas dan kesegaran dari produk hasil ternak dapat terjaga selama proses transportasi menjadi perhatian besar yang dapat dipenuhi melalui aplikasi partikel berstruktur nano dalam bentuk kemasan fleksibel, laminasi, dan pelapis yang dapat dimakan (*edible*). Teknologi nano dapat mengubah ukuran partikel dari *bio-waste* kerabang telur menjadi nanopartikel yang memiliki nilai tambah yang tinggi. Aplikasi teknologi nano memiliki ruang lingkup yang sangat luas dalam produk hasil ternak.

Kata kunci: daging, kemasan, kerabang telur, susu, teknologi nano, telur

Abstract. Consumer awareness was increasing of food safety and food security along with the high population growth rate and increasing quality of life, nanotechnology was an important concern to be able to meet future demand for livestock products. The application of nanostructured particles has been widely explored to produce livestock products with high food safety and food security. Nanotechnology can also be applied to produce food with high protein without slaughtering livestock in the form of artificial meat whose process is developed in the laboratory. Nutritional quality and food quantity in the future can also be met through the application of nanotechnology. The quality and freshness of livestock products that can be maintained during the

transportation process is a major concern that can be met through the application of nanostructured particles in the form of flexible packaging, laminates, and edible coatings. Nanotechnology can change the particle size from eggshell bio-waste into nanoparticles that have high added value. The application of nanotechnology has a very wide scope in livestock products.

Keywords: meat, packaging, eggshell, milk, nanotechnology, egg

PENDAHULUAN

Teknologi nano adalah sebuah studi tentang material dalam skala nano. Satu dimensi untuk skala nano umumnya berkisar antara 1 dan 100 nm (10^{-9} sampai 10^{-7} m), nanomaterial paling baik disebut sebagai partikel (Albanese, Tang, & Chan, 2012). Nanopartikel ini sangat menarik karena nanopartikel mengambil ruang yang sangat sedikit tetapi memiliki luas permukaan yang besar. Akibatnya, saat material besar diperkecil menjadi ukuran skala nano, kimia permukaannya menjadi lebih berpengaruh dan dapat mengubah sifat fisik dari material tersebut (Hill & Li, 2017). Teknologi nano dianggap sebagai teknologi yang potensial untuk merevolusi bidang kedokteran hewan, kesehatan ternak, dan produksi ternak (Fesseha, Degu, & Getachew, 2020).

Teknologi nano dapat digunakan oleh produsen untuk mengubah bentuk produksi, prosesing, pengemasan, dan bahkan cara penggunaan akhir produk. Teknologi nano juga mungkin berguna untuk mengembangkan bahan berskala nano, sistem pengiriman terkontrol, deteksi kontaminan, dan juga untuk membentuk komponen nano untuk biologi molekuler dan seluler (Verma, Singh, & Vikas, 2012). Sintesis nanopartikel menggunakan sistem biologi merupakan area penelitian yang berkembang karena memiliki potensi aplikasi di berbagai bidang ilmu karena nanopartikel yang disintesis dengan metode kimia diketahui tidak ramah lingkungan (Savithramm, Rao, & Devi, 2010). Sintesis "hijau" mendapat perhatian luas sebagai prosedur yang andal, berkelanjutan, dan ramah lingkungan untuk mensintesis berbagai material. Sintesis hijau dianggap sebagai metode penting untuk mengurangi efek destruktif yang terkait dengan metode sintesis tradisional untuk nanopartikel yang umumnya digunakan di laboratorium dan industri (J. Singh et al., 2018).

Sintesis hijau diaplikasikan sebagai alternatif untuk dapat mengurangi penggunaan senyawa berbahaya dalam memproduksi nanopartikel logam. Senyawa organik, mikroba, tanaman, dan bahan yang berasal dari tumbuhan dapat digunakan sebagai agen pereduksi (J. Singh et al., 2018). Sumber alami lain yaitu protein *whey* dan terbukti bahwa nanopartikel α -Lactalbumin yang berasal dari *whey* baik untuk sistem penghantaran obat (Velusamy & Palaniappa, 2011). Nanobioteknologi dapat dimanfaatkan secara revolusioner dalam modalitas baru pada manufaktur biomolekul, diagnosa awal, perawatan medis, dan pencegahan penyakit di luar tingkat sel dengan protein individu, blok bangunan dari proses kehidupan (M. Singh, Manikandan, & Kumaraguru, 2011). Teknologi nano juga telah diterapkan dalam memanfaatkan *bio-waste* kerabang telur yang berlimpah untuk dijadikan nanopartikel dan digunakan sebagai sumber kalsium pangan. Fakta ini selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk dapat memenuhi kebutuhan pangan dan pemenuhan gizi tubuh manusia.

Produsen ternak menginginkan agar ternak dapat mencapai bobot potong yang ideal dengan cepat sehingga antibiotik digunakan sebagai aditif pakan untuk dapat mencegah penyakit dan mempercepat pertumbuhan, sehingga memperpendek siklus produksi (Xie et al., 2020). Nanobioteknologi merupakan integrasi dari teknologi antara bioteknologi dan teknologi nano dalam mengembangkan teknologi bioaktif, biosintetik dan ramah lingkungan untuk sintesis bahan nanomaterial (Verma et al., 2012). Bahan-bahan ini dapat digunakan pada jaminan *food safety* di berbagai produk pangan (Banerjee, Das, Andler, & Bandopadhyay, 2021). Ada berbagai jenis nanopartikel seperti nanopartikel perak, asam salisilat, glutamin, dan minyak esensial yang dapat digunakan sebagai agen antimikroba baru untuk memperpanjang umur simpan produk pangan yang berbeda (Kazemi & Ameri, 2012). Nanopartikel perak yang dienkapsulasi dalam kitosan merupakan polimer alami non-toksik dan *biodegradable* yang dapat digunakan untuk mereduksi pestisida dari air dan bahan pangan lainnya (Saifuddin, Nian, Zhan, & Ning, 2011). Reviu ini membahas lebih rinci dari berbagai aspek penerapan teknologi nano dalam produk hasil ternak.

MATERI DAN METODE

Naskah ini disusun dengan merangkum berbagai sumber literatur yang terkait (*literature review*) aplikasi teknologi nano pada produk hasil ternak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi Nano dan Produk Hasil Ternak

Teknologi nano sangat potensial diaplikasikan dalam pengembangan produk dan proses baru dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja produk, memperpanjang umur simpan dan kesegaran produk serta meningkatkan keamanan dan kualitas pangan (Verma et al., 2012). Teknologi nano merupakan salah satu teknologi yang sangat potensial untuk memodernisasi industri pangan dan pengemasan produk (Kasi Viswanathan, Thomas, & Amaranath, 2018). Tantangan utama dalam meningkatkan teknologi nano yaitu dalam melakukan integrasi perangkat keras (*nanomachine*) antara perangkat lunak dan alat manajemen untuk menghasilkan informasi baru pada aspek ini (Opara, 2004).

Teknologi nano juga dapat mengurangi waktu produksi daging dan telur. Dengan demikian, konsumen bisa mendapatkan daging dan telur dengan waktu lebih cepat. Rantai pasok untuk produk daging dan telur juga dapat dikelola sebagai industri rekayasa (Verma et al., 2012). Pengurangan waktu dalam produksi ternak dan unggas adalah karena adanya intervensi secara ekstrem pada fisiologi saluran telur dalam skala nano dan juga adanya rekayasa ulang genetik mutakhir. Teknik *nanomaging*, alat analisis kuantitatif baru, integrasi kuantitatif informasi dengan menggunakan *microchip* dan *nanoprobe* akan mengubah batas penelitian pada fisiologis ternak dan unggas (Abd El-Ghany, 2019). Kualitas produk ternak yang difermentasi saat ini terbukti baik untuk kesehatan tubuh yang mudah diperoleh melalui penerapan teknologi nano (V. P. Singh, Pathak, & Verma, 2012). Perkembangan industri daging saat ini mungkin juga bergantung pada kemampuan untuk dapat mempelajari setiap tahap dalam siklus produksi ternak mulai dari kelahiran ternak, riwayat kesehatan ternak, dan juga praktik *food safety* mulai dari peternakan, rumah potong hewan, dan pabrik pengemasan daging sampai ke meja konsumen (Patra et al., 2017).

Produksi Daging

Teknologi nano merupakan teknologi yang menjanjikan untuk dapat diterapkan di hampir semua bidang. Teknologi ini telah membuka jalan menuju perkembangan ilmu pengetahuan yang belum diinvestigasi untuk mempelajari nanopartikel dan penerapannya dalam industri perunggasan dan daging mulai dari konsep, mencapai ketahanan pangan, keamanan, mengatasi alergi makanan, menghilangkan penggunaan pestisida, pengemasan daging, memulihkan kerusakan daging, dan evaluasi sensori seperti filtrasi, pemisahan, enkapsulasi, dan lain-lain. Teknologi nano juga dapat membuat produk unggas dan daging lebih hemat biaya dengan sifat alami (Ricke, Van Loo, Johnson, & O'Bryan, 2012). Produksi juga dapat dilakukan dengan mereplikasi sendiri komponen nano dengan menggunakan sedikit bahan, energi, tenaga kerja, lahan, dan dengan kapasitas yang lebih rendah sehingga produksi menjadi lebih efisien (Dutta, Lawson, & Marcinko, 2006).

Produk daging berkualitas dapat dikembangkan dengan teknik diagnostik berbasis teknologi nano yang dapat menggunakan *ultrasound*. Ultrasonografi (USG) adalah alat yang baik untuk menilai karakteristik karkas pada ternak hidup, metode non-destruktif dalam evaluasi kualitas karkas dan produk daging yang berbeda serta dapat menjadi sarana penting untuk pemasaran produk hewani melalui jaminan kualitas (V. Pathak, V.P., & Yadav, 2011). Teknologi nano sudah ada secara alami di pangan dan daging berupa serat nano. Serat nano ini mengalami perubahan selama pemasakan atau pengolahan yang akhirnya dapat mempengaruhi tekstur dan kualitas pangan. Bagi produsen untuk memberikan alternatif bagi vegetarian dengan memberikan rasa dan tekstur daging dengan perlu memahami dan mengontrol penyusunan struktur pada tingkat nano. Diferensiasi kualitas produk dapat dengan mudah dilakukan dengan metode yang berbasis teknologi nano (Singh V.P & Sachan Neelam, 2011).

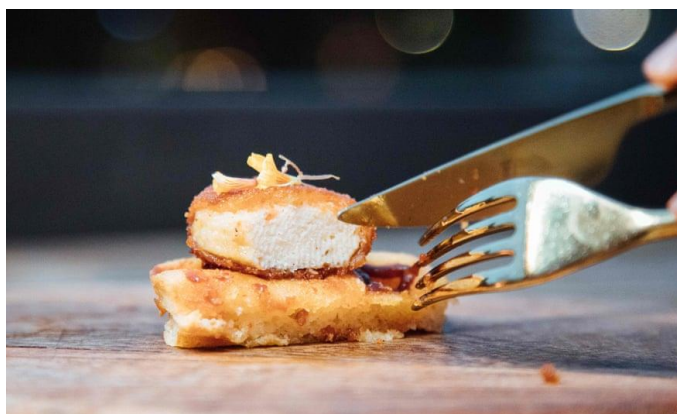
Produsen daging unggas harus merancang dengan biaya yang efisien dalam menghasilkan karakteristik sensori yang diharapkan. Salah satu penerapan teknologi nano yang lebih futuristik

pada produksi daging unggas untuk merubah warna, rasa atau nutrisi tergantung pada selera atau kesehatan konsumen inginkan (Colica et al., 2018). Banyak struktur molekul yang berperan dalam menentukan karakteristik ini yang berada dalam kisaran skala nano dan informasi tentang sumbernya yang dapat memainkan peran penting dalam produksi daging unggas. Tujuannya adalah untuk mengelola karakteristik komponen daging secara cerdas dengan memanipulasi atom satu per satu dan menempatkannya tepat di tempat yang dibutuhkan untuk menghasilkan rasa, tekstur, dan parameter lain yang diinginkan (Sahoo, Panigrahi, Vishwakarma, & Kumar, 2022).

Potensi teknologi nano dalam industri daging unggas belum sepenuhnya dapat diapresiasi karena kurangnya pengetahuan yang memadai. Jika teknologi nano terus dikembangkan dengan kecepatannya saat ini maka diharapkan untuk segera dapat membuat daging dalam jumlah yang tidak terbatas melalui sintesis pada tingkat atom yang dapat menghapuskan kelaparan (Moraru et al., 2003). Teknologi nano memiliki potensi untuk merevolusi sistem pangan global (Verma et al., 2012). Sistem pertanian dan ketahanan pangan yang baru, metode penghantaran obat penyakit, alat untuk sensor biologi molekuler dan seluler untuk deteksi patogen, perlindungan lingkungan dan pendidikan masyarakat serta tenaga kerja masa depan adalah contoh dampak penting yang ditimbulkan oleh teknologi nano pada sains dan rekayasa sistem pertanian dan pangan (Moraru et al., 2003). Ada berbagai metode yang digunakan untuk meningkatkan produk daging dengan teknologi nano.

Teknologi nano baru-baru ini telah diaplikasikan dalam menghasilkan daging kultur untuk para vegetarian. Teknologi ini mulai dari yang aktual hingga yang spekulatif menjanjikan berbagai cara untuk membuat daging asli tanpa menyembelih ternak (Verma et al., 2012). Daging kultur atau juga disebut daging *in vitro*, daging artifisial, atau daging yang dikembangkan di laboratorium adalah daging yang diproduksi melalui kultur sel hewan secara *in vitro* bukan dari ternak yang disembelih. Tidak seperti daging konvensional, sel otot yang dikultur mungkin lebih aman, tanpa adanya organ pencernaan. Di sisi lain, kontrol untuk komposisi nutrisi dari daging kultur masih belum jelas, terutama untuk zat gizi mikro dan zat besi (Knorr et al., 2020). Hal inilah yang masih menjadi perhatian bagi pengembangan daging kultur.

Menurut Knorr et al. (2020) bahwa potensi keuntungan daging kultur yaitu mengenai masalah lingkungan terkait emisi gas rumah kaca yang masih kontroversi, meskipun lebih sedikit lahan yang akan digunakan jika dibandingkan dengan ternak, khususnya untuk ternak ruminansia. Daging kultur juga harus bersaing dengan pengganti daging lainnya, terutama alternatif nabati. Penerimaan konsumen juga sangat dipengaruhi oleh banyak faktor dan konsumen tampaknya tidak menyukai pangan yang tidak alami. Secara etis, daging yang dibudidayakan bertujuan untuk menggunakan ternak yang jauh lebih sedikit daripada peternakan konvensional. Namun, beberapa ternak masih harus dipelihara untuk memanen sel untuk produksi daging *in vitro*. Selain itu, dari sudut pandang agama daging kultur statusnya masih samar dan masih menjadi perdebatan dengan pertanyaan apakah daging kultur itu *Kosher* atau *Halal* (misalnya, sesuai dengan hukum Yahudi atau Islam).



Gambar 1. Penampilan “chicken bites” yang dijual di klub 1880 Singapura (Waltz, 2021).

Tantangan untuk mengembangkan daging kultur salah satunya adalah cita rasa yang harus dibuat agar sesuai dengan daging yang asli. Komponen *flavor* daging masih banyak yang harus didapatkan melalui proses metabolisme langsung dalam tubuh. Komposisi zat gizi daging kultur mungkin masih dapat dibuat serupa dengan daging yang asli untuk dapat menghasilkan produk seperti *chicken nugget*, tetapi menjadi tantangan tersendiri apabila akan membuat daging kultur seperti *steak* (Tangendjaja, 2021). Post (2012) menyatakan bahwa daging yang dikembangkan di laboratorium harus diproduksi secara efisien dan harus meniru daging asli dalam semua sensasi fisiknya, seperti penampilan visual, aroma, tekstur dan juga cita rasa. Manfaat tambahan dengan membudidayakan daging kultur yaitu memberikan peluang untuk memproduksi produk baru dan lebih sehat.

Daging kultur diproduksi di laboratorium bioreaktor tanpa menyembelih ternak telah disetujui untuk kali pertama dipasarkan di Singapura dalam bentuk *chicken nugget*. Regulator Singapura pada bulan Desember tahun 2021 menyetujui untuk komersial daging kultur yang dikembangkan di laboratorium dipasarkan secara resmi. Eat Just adalah di balik perusahaan yang memproduksi daging kultur dengan nama "*chicken bites*" telah menjual lebih dari 200 porsi ke 1880 yaitu sebuah klub di Singapura dan berencana akan memperluas ke restoran lain di negara pulau tersebut. Daging kultur dikembangkan di bioreaktor sebagai alternatif daripada memelihara dan menyembelih ternak hidup. Prosesnya dimulai dengan sejumlah kecil sel yang bersumber dari hewan donor atau bank sel. Sel-sel berkembang biak dalam media pertumbuhan yang biasanya terdiri dari asam amino, gula, lemak, garam, *buffer* pH, dan molekul sinyal untuk mendorong sel berkembang biak (Waltz, 2021).

Produksi Susu

Teknologi nano merupakan teknologi baru yang dikembangkan dalam produksi susu mentah modern dan pasteurisasi (Verma et al., 2012). Teknologi nano juga dapat membantu memastikan bahwa kualitas susu tersebut aman untuk dikonsumsi melalui teknik deteksi patogen (Hill & Li, 2017). Sung et al. (2013) telah mengembangkan nanokomposit yang mengandung antibodi *S. aureus*, nanopartikel emas, dan nanopartikel magnetik untuk memberikan tes kolorimetri 40 menit untuk mendeteksi *S. aureus* dalam susu. Nanokomposit ini memiliki fitur menarik yaitu antibodi dengan spesifisitas dan selektivitas yang dapat dimodifikasi untuk menangkap berbagai patogen. Teknologi baru yang muncul seperti teknologi *microarray* dan teknologi nano ini memiliki potensi untuk memajukan ilmu gizi dan kesehatan dalam banyak aspek yang relevan untuk produksi susu modern (Verma et al., 2012).

Antibodi poliklonal dan strip imunokromatografi nanopartikel emas dapat digunakan untuk mendeteksi racun yang ada di dalam susu dalam waktu 10 menit menggunakan aflatoxin M1 karsinogenik sebagai contoh. Sementara fokus besar adalah untuk menghilangkan kontaminan yang berpotensi berbahaya dari susu dan ada juga beberapa yang tertarik untuk mencampur suplemen nanopartikel langsung ke dalam susu sapi untuk dapat langsung dikonsumsi (Wang, Liu, Hsu, & Yu, 2011). Cangkang tiram berstruktur nano sebagai sumber kalsium ditambahkan ke dalam susu dengan tujuan meningkatkan kandungan kalsium dari 100 menjadi 120 mg/mL ke tingkat yang lebih sesuai untuk fase pertumbuhan anak-anak dan juga wanita pascamenopause. Suplementasi susu dengan kalsium dari cangkang tiram berstruktur nano tidak secara negatif mengubah kualitas sensori atau fisikokimia susu setelah 16 hari penyimpanan pada suhu 4°C (Lee, Ahn, Chang, & Kwak, 2015).

Teknologi ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang aspek-aspek penting untuk memastikan bahwa penerimaan publik yang diperlukan dari produksi susu yang efektif sebagai bagian alami dari pola makan yang sehat. Selain itu, teknologi nano dimaksudkan untuk menjadi pendorong utama dalam pengembangan biosensor, dukungan pertanian berkelanjutan, deteksi patogen dan kontaminan, peningkatan kesehatan hewan melalui upaya pengembangan sistem penghantaran obat yang cerdas dan pengembangan ilmu material dan rekayasa material dengan aktivitas antibakteri (Mukhtar, Bikila, & Keffale, 2015). Ini semua merupakan ruang lingkup yang bisa mendapatkan keuntungan dari produksi susu mentah modern.

Produksi Telur

Teknologi nano melibatkan unit kecil pengukuran yang dikenal sebagai nanometer, satu juta kali lebih kecil dari satu milimeter. Pencarian sedang dilakukan untuk lapisan yang membuat telur tahan terhadap kerusakan dan kontaminasi serta memungkinkan umur simpan yang lebih lama dengan tetap mempertahankan sifat nutrisi internal dari telur. Penerapan dari teknologi nano dengan mengembangkan *film* yang dapat melapisi permukaan telur yang dapat meyakinkan konsumen akan pangan yang lebih aman dan sehat. Para peneliti terus mengembangkan metode untuk menguji kekuatan telur, menganalisis retakan pada telur, dan cara menerapkan lapisan secara merata di seluruh permukaan telur (Mitchell, 2016).

Selanjutnya, untuk dapat mengetahui sumber patogen pada telur dan daging unggas. Deteksi lebih awal terhadap bakteri patogen pada pangan yang sangat penting untuk mencegah wabah penyakit dan menjaga kesehatan konsumen. Banyak metode yang telah dikembangkan untuk mendeteksi patogen. Namun, tantangan terbesar saat ini adalah pada kecepatan untuk deteksi dan sensitivitas. Saat ini, biosensor berbasis teknologi nano baru menunjukkan potensi besar untuk deteksi bakteri patogen pada pangan dengan presisi yang tinggi (Verma et al., 2012).

Ayam petelur yang disuplementasi pakan dengan nanopartikel kalsium (NCa) dengan ekstrak alga *Sargassum latifolium* biokompatibel (SL-CaNps) memiliki bobot dan persentase kerabang yang lebih tinggi. Ayam petelur yang disuplementasi pakan SL-CaNps memiliki luas permukaan dan ketebalan kerabang telur terbesar. Ayam petelur yang diberi suplementasi pakan SL-CaNps memiliki kadar Ca serum dan P anorganik yang lebih tinggi. Ayam petelur yang disuplementasi pakan SL-CaNps memiliki efek menguntungkan pada ultrastruktur kerabang telur pada lapisan *palisade* dan *mammillary* yang berkembang dengan baik. Suplementasi SL-CaNps pada pakan ayam petelur dapat meningkatkan ketebalan kerabang telur, persentase bobot kerabang telur dan tidak berdampak negatif pada kualitas kerabang telur atau mikroskopis kerabang telur (Abo El-Maaty et al., 2021).

Nanopartikel perak terbukti menjadi bahan baku alternatif yang berharga untuk antibiotik dan desinfektan karena bebas dari efek samping. Nanopartikel perak saat ini telah dimanfaatkan secara praktis pada barang-barang yang umum digunakan seperti pakaian, peralatan rumah tangga dan elektronik, tetapi belum banyak diaplikasikan pada bidang medis atau farmakologis. Nanopartikel perak telah diteliti terhadap sifat kualitas telur puyuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel perak dapat menyebabkan penurunan bobot kuning telur dan produksi telur setiap minggu secara signifikan dibandingkan tanpa perlakuan, sedangkan nanopartikel perak tidak berpengaruh nyata terhadap bobot telur, panjang dan lebar telur, serta ketebalan kerabang telur (Farzinpour & Karashi, 2013).

Produksi Nanopartikel Berbasis *Bio-waste* Kerabang Telur

Salah satu dari *bio-waste* peternakan yang mengandung kalsium tinggi yang ketersediaannya begitu melimpah dan harganya sangat murah yaitu kerabang telur. Pemanfaatan kerabang telur di Indonesia belum dilakukan secara optimal untuk dapat meningkatkan nilai tambahnya (A.H. Prayitno, Suryanto, & Rusman, 2016). Teknologi nano dapat mengubah partikel dari kalsium kerabang telur menjadi nanopartikel kalsium. Penerapan teknologi nano dengan *top-down* dapat menghasilkan sifat yang lebih spesifik dalam perubahan material yang besar menjadi lebih kecil (Ariningsih, 2016). Kandungan kalsium dalam kerabang telur ayam yaitu sebesar 50,75% (Prayitno et al., 2016), kerabang telur itik yaitu sebesar 42,3% (Adeyeye, 2009), dan kerabang telur puyuh yaitu sebesar 46,8% (Azis et al., 2019).

Teknologi nano dapat mengubah ukuran kalsium dari kerabang telur ayam menjadi 300 nm dalam bentuk kalsium oksida dan 75 nm dalam bentuk kalsium laktat melalui metode presipitasi (A.H. Prayitno, 2014; A.H. Prayitno et al., 2016; A. H. Prayitno et al., 2022). Kerabang telur itik melalui teknologi nano dapat mengubah ukuran partikel kalsium dari 13.229 nm menjadi 262 nm dalam bentuk kalsium oksida melalui metode presipitasi (A.H. Prayitno, Prasetyo, & Sutirtoadi, 2020; A.H. Prayitno & Sutirtoadi, 2019). Kerabang telur puyuh melalui teknologi nano dapat diubah ukuran partikel kalsiumnya menjadi 50 sampai 100 nm dalam bentuk kalsium karbonat (Ahmed et al., 2022). Puspitasari, Chairil, Sukarni, & Supriyanto (2021) melaporkan bahwa

melalui metode *ball milling* dapat mengubah ukuran partikel kalsium oksida kerabang telur puyuh menjadi 52,18 nm.

Kalsium berukuran nano dapat dimanfaatkan oleh tubuh sehingga dapat terabsorpsi dengan sempurna atau dapat terabsorpsi hampir 100% oleh tubuh (First et al., 2019; Suptijah, 2009). Nano kalsium kerabang telur dapat diaplikasikan pada bidang pangan sebagai *food supplement* (Prayitno dkk., 2021). Nano kalsium berbasis *bio-waste* kerabang telur telah diaplikasikan pada produk bakso (A. Hadi Prayitno, Suryanto, & Utami, 2019; A.H. Prayitno, 2014; A.H. Prayitno et al., 2016, 2019; A.H. Prayitno, Suryanto, et al., 2020), produk sosis (Prasetyo & Prayitno, 2020, 2021; A. H. Prayitno, Rukmi, Widiyawati, & Prasetyo, 2022; A.H. Prayitno, Rukmi, Widiyawati, & Prasetyo, 2022; Patent No. S00202110505, 2021; Agus Hadi Prayitno et al., 2009), produk ayam marinasi (Oktafa, Prayitno, & Handayani, 2021; Patent No. S00202110495, 2021).

Pengemas Berbasis Teknologi Nano

Industri kemasan fleksibel berkembang pesat di seluruh dunia. Meningkatnya persaingan antara pemasok dan peraturan pemerintah telah menghasilkan inovasi dari *film* yang meningkatkan kinerja produk dan kemasan, serta mengatasi masalah di seluruh dunia dengan limbah kemasan. Konsumen menuntut daging agar tetap segar dalam waktu yang lebih lama, kemudahan dalam penanganan, aman dan sehat dengan kemasan yang ramah lingkungan. Sifat-sifat seperti ketahanan mekanik dan panas dapat ditingkatkan dengan penggunaan teknologi nano. Bahan kemasan yang telah meningkatkan kinerja suhu dapat digunakan untuk operasi pengisian panas. *Film* yang sangat tipis yang dapat menawarkan keunggulan fleksibilitas dan fungsionalitas seperti anti-pemalsuan, anti-tamper dan anti-mikroba harus dibuat. Fitur *self-heating* dapat dimasukkan ke dalam bahan kemasan. Bahan kemasan yang ringan dan ramah lingkungan dapat dibuat untuk digunakan dalam ransum tentara. Di masa depan, dengan bantuan nano-komposit yang mungkin dapat memodifikasi plastik menjadi penghalang super seperti kaca atau logam (Singh V.P & Sachan Neelam, 2011).

Teknologi nano memberi para peneliti pangan sejumlah metode untuk membuat *film* laminasi baru yang cocok untuk digunakan dalam industri pangan. Sebuah nano-laminasi terdiri dari dua atau lebih lapisan bahan dengan ukuran nanometer yang secara fisik atau kimia terikat satu sama lain. Nano-laminasi dapat memberikan beberapa keuntungan bagi para peneliti pangan untuk persiapan pelapis dan *film* yang dapat dimakan (*edible*) dibandingkan teknologi biasa dan dengan demikian, memiliki sejumlah aplikasi signifikan dalam industri pangan. Pelapis dan *film* yang dapat dimakan (*edible*) saat ini digunakan pada banyak jenis pangan termasuk buah-buahan, sayuran, daging, cokelat, permen, roti, dan kentang goreng (Verma et al., 2012).

Pelapis atau *film* berfungsi sebagai lapisan penghalang kelembaban, lipid, gas, atau dapat meningkatkan sifat tekstur pangan atau berfungsi sebagai pembawa agen fungsional seperti warna, rasa, antioksidan, nutrisi, dan antimikroba. Sifat fungsional dasar dari *edible coating* dan *film* bergantung pada karakteristik bahan pembentuk *film* yang digunakan untuk pembuatannya. Komposisi, ketebalan, struktur dan sifat-sifat laminasi berlapis-lapis yang terbentuk di sekitar objek dapat dikontrol dengan beberapa cara, termasuk perubahan jenis zat penyerap dalam larutan pencelupan, jumlah langkah pencelupan yang digunakan, urutan pencelupan bahan yang dimasukkan ke dalam berbagai larutan pencelup, larutan dan kondisi lingkungan yang digunakan (pH, kekuatan ion, konstanta dielektrik, dan suhu). Gaya dinamis untuk adsorpsi suatu zat ke permukaan akan tergantung juga pada sifat permukaan dan sifat zat yang mengadsorpsi (Verma et al., 2012).

KESIMPULAN

Produk hasil ternak merupakan pangan yang umur simpannya pendek dan nilai gizinya sangat tinggi. Jadi, untuk dapat meningkatkan umur simpan dan memudahkan dalam proses transportasi produk hasil ternak dengan sifat alami dan kesegarannya membutuhkan bahan kemasan yang sesuai. Bahan pengemas dapat dikembangkan dengan penerapan nanopartikel. Berbagai produk hasil ternak dapat diproduksi dalam waktu yang sangat singkat untuk dapat memenuhi kepuasan konsumen. Produktivitas juga dapat ditingkatkan secara langsung dengan memanipulasi secara

genomik atau dengan pencegahan penyakit. Teknologi nano dapat mengubah ukuran partikel dari *bio-waste* kerabang telur menjadi nanopartikel yang memiliki nilai tambah yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Ghany, W. A. (2019). Nanotechnology and its Considerations in Poultry Field: An Overview. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 70(3), 1611–1616. <https://doi.org/10.12681/jhvms.21783>
- Abo El-Maaty, H. A., EL-Khateeb, A. Y., Al-Khalaifah, H., El-Sayed, E. S. A., Hamed, S., El-Said, E. A., ... Mansour, A. M. (2021). Effects of ecofriendly synthesized calcium nanoparticles with biocompatible *Sargassum latifolium* algae extract supplementation on egg quality and scanning electron microscopy images of the eggshell of aged laying hens. *Poultry Science*, 100(2), 675–684. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.043>
- Ahmed, N. S., Kamil, F. H., Hasso, A. A., Abduljawaad, A. N., Saleh, T. F., & Mahmood, S. K. (2022). Calcium carbonate nanoparticles of quail's egg shells: Synthesis and characterizations. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 31(1), 1–7. <https://doi.org/10.1515/jmbm-2022-0001>
- Albanese, A., Tang, P. S., & Chan, W. C. W. (2012). The Effect of Nanoparticle Size, Shape, and Surface Chemistry on Biological Systems. *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 2012, 14, 1–16. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071811-150124>
- Ariningsih, E. (2016). Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(1), 1–20. <https://doi.org/10.21082/fae.v34n1.2016.1-20>
- Azis, M. Y., Putri, T. R., Aprilia, F. R., Ayuliasari, Y., Hartini, O. A. D., & Putra, M. R. (2019). Eksplorasi kadar kalsium (Ca) dalam limbah cangkang kulit telur bebek dan burung puyuh menggunakan metode titrasi dan AAS. *Al-Kimiya*, 5(2), 74–77. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i2.3834>
- Banerjee, A., Das, D., Andler, R., & Bandyopadhyay, R. (2021). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Exopolysaccharides Produced by *Bacillus anthracis* PFAB2 and Its Biocidal Property. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(8), 2701–2709. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02051-3>
- Colica, C., Aiello, V., Boccuto, L., Kobyljak, N., Strongoli, M. C., Vecchio, I., & Abenavoli, L. (2018). The role of Nanotechnology in food safety. *Minerva Biotecnologica*, 30(2), 69–73. <https://doi.org/10.23736/S1120-4826.18.02394-7>
- Dutta, S., Lawson, R., & Marcinko, D. (2006). How the nanotechnology revolution will affect cost management. *Journal of Corporate Accounting and Finance*, 17(3), 37–46. <https://doi.org/10.1002/jcaf.20196>
- Farzinpour, A., & Karashi, N. (2013). The effects of nanosilver on egg quality traits in laying Japanese quail. *Applied Nanoscience (Switzerland)*, 3(2), 95–99. <https://doi.org/10.1007/s13204-012-0097-5>
- Fesseha, H., Degu, T., & Getachew, Y. (2020). Nanotechnology and its Application in Animal Production: A Review. *Veterinary Medicine – Open Journal*, 5(2), 43–50. <https://doi.org/10.17140/VMOJ-5-148>
- First, L., Septaningrum, L. R. D., Pangestuti, K., Jufrinaldi, Hidayat, R., & Khosilawati, D. (2019). Sintesis & karakterisasi nano kalsium dari limbah tulang ayam broiler dengan metode presipitasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 3(2), 69–73.
- Hill, E. K., & Li, J. (2017). Current and future prospects for nanotechnology in animal production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0157-5>
- Kasi Viswanathan, H., Thomas, N. R., & Amaranath, G. (2018). *Nanotechnology in the Food Industry—And the Benefits and Improvements in Food Processing and Packaging Brought About by it*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71327-4_3
- Kazemi, M., & Ameri, A. (2012). Response of Vase-life Carnation Cut Flower to Salicylic Acid, Silver Nanoparticles, Glutamine and Essential Oil. *Asian Journal of Animal Sciences*, 6(3),

- 122–131. <https://doi.org/10.3923/ajas.2012.122.131>
- Knorr, D., Dutra, M., Barcellos, D., Cozzolino, D., Regenstein, J. M., Chriki, S., ... Hocquette, J.-F. (2020). The Myth of Cultured Meat: A Review. *The Myth of Cultured Meat: A Review. Front. Nutr*, 7, 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00007>
- Lee, Y. K., Ahn, S. I., Chang, Y. H., & Kwak, H. S. (2015). Physicochemical and sensory properties of milk supplemented with dispersible nanopowdered oyster shell during storage. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5841–5849. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9105>
- Mitchell, A. (2016). Scientists Use Nanotechnology for Egg Quality Improvements. Retrieved August 7, 2022, from <https://www.thepoultrysite.com/news/2016/08/scientists-use-nanotechnology-for-egg-quality-improvements>
- Moraru, C. I., Panchapakesan, C. P., Huang, Q., Takhistov, P., Liu, S., & Kokini, J. L. (2003). Nanotechnology: a new frontier in food science understanding the special properties of materials of nanometer size will allow food scientists to design new, healthier, tastier, and safer foods. *Nanotechnology*, 57(12), 24–29.
- Mukhtar, Y., Bikila, T., & Keffale, M. (2015). Application of Nanotechnology for Animal Health and Production Improvement: A Review. *World Applied Sciences Journal*, 33(10), 1588–1596. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2015.33.10.96253>
- Oktafa, H., Prayitno, A. H., & Handayani, H. T. (2021). *Optimasi Peningkatan Mutu Daging Ayam Kampung Super Yang Dimarinasi Bumbu dan Rempah Lokal dengan Penambahan Nano Kalsium Laktat Kerabang Telur*. Jember.
- Opara, L. U. (2004). Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21st century. Part I. Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. *Journal of Scientific Research and Development*, 6(Invited Article), 1–27.
- Patra, J. K., Loganathan, K., Tripathi, D. K., Prasad, R., Bhattacharyya, A., & Nguyen, Q. D. (2017). *Nanotechnology in Sustainable Agriculture: Recent Developments, Challenges, and Perspectives*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01014>
- Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Science*, 92(3), 297–301. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.008>
- Prasetyo, B., & Prayitno, A. H. (2020). *Aplikasi Nano Kalsium Alami Kerabang Telur Pada Sosis dan Potensinya Sebagai Pangan Fungsional*. Jember.
- Prasetyo, B., & Prayitno, A. H. (2021). The sensory characteristics of fortified beef sausage with duck eggshell. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 672(1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/672/1/012042>
- Prayitno, A. H., Rukmi, D. L., Widiyawati, A., & Prasetyo, B. (2022). The fortification effect of duck eggshell nano-calcium on the physical quality of beef sausage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 980(1), 100–106. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/980/1/012016>
- Prayitno, A. H., Suryanto, E., & Utami, R. (2019). Pengaruh Fortifikasi Kalsium dan Nanopartikel Kalsium Laktat Kerabang Telur Terhadap Sifat Sensoris Bakso Ayam (The Effect of Calcium and Calcium Lactate Nanoparticle Fortification of Eggshell on Sensory Properties of Chicken Meatballs). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner*, 725–732.
- Prayitno, A.H. (2014). *Karakteristik Bakso dengan Fortifikasi Nanopartikel Kalsium Laktat Kerabang Telur*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Prayitno, A.H., Prasetyo, B., & Sutirtoadi, A. (2020). Synthesis and characteristics of nano calcium oxide from duck eggshells by precipitation method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 411, 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/411/1/012033>
- Prayitno, A.H., Rukmi, D. L., Widiyawati, A., & Prasetyo, B. (2022). The fortification effect of duck eggshell nano-calcium on the physical quality of beef sausage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 980(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/980/1/012016>
- Prayitno, A.H., Suryanto, E., & Rusman. (2016). Pengaruh fortifikasi nanopartikel kalsium laktat kerabang telur terhadap sifat kimia dan fisik bakso ayam. *Buletin Peternakan*, 40(1), 40–47.
- Prayitno, A.H., Suryanto, E., Rusman, Setiyono, Jamhari, & R, U. (2020). Karakteristik mikrostruktur dan nilai gizi bakso ayam yang difortifikasi kalsium oksida dan nanokalsium

- laktat kerabang telur ayam. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner*, 653–663. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Prayitno, A.H., Suryanto, E., Rusman, Setiyono, Jamhari, & Utami, R. (2019). Pengaruh fortifikasi kalsium dan nanopartikel kalsium laktat kerabang telur terhadap sifat sensoris bakso ayam. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner*, 725–732. Jember: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Prayitno, A.H., & Sutirtoadi, A. (2019). Karakteristik Nano Kalsium Alami Berbagai Jenis Kerabang Telur Unggas. In *Politeknik Negeri Jember*. Jember.
- Prayitno, A H, Rukmi, D. L., Widiyawati, A., & Prasetyo, B. (2021). *Patent No. S00202110505*. Indonesia.
- Prayitno, Agus Hadi, Miskiyah, F., Rachmawati, A. V., Baghaskoro, T. M., Gunawan, B. P., & Soeparno. (2009). Karakteristik sosis dengan fortifikasi β -caroten dari labu kuning (*Cucurbita moschata*). *Buletin Peternakan*, 33(2), 111–118. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v33i2.124>
- Prayitno, Agus Hadi, Oktafa, H., & Handayani, H. T. (2021). *Patent No. S00202110495*.
- Prayitno, Agus Hadi, Siswoyo, T. A., Erwanto, Y., Lindrianti, T., Hartatik, S., Aji, J. M. M., ... Rusman, R. (2022). Characterisation of Nano-Calcium Lactate from Chicken Eggshells Synthesized by Precipitation Method as Food Supplement. *Jurnal Ilmu Ternak Dan Veteriner*, 26(4), 139. <https://doi.org/10.14334/jitv.v26i4.2828>
- Puspitasari, P., Chairil, M., Sukarni, S., & Supriyanto, N. S. W. (2021). Physical properties and compressibility of quail eggshell nanopowder with heat treatment temperature variations. *Materials Research Express*, 8(5). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac0266>
- Ricke, S. C., Van Loo, E. J., Johnson, M. G., & O'Bryan, C. A. (2012). Organic Meat Production and Processing. In S. C. Ricke, E. J. Van Loo, M. G. Johnson, & C. A. O'Bryan (Eds.), *Organic Meat Production and Processing*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118229088>
- Sahoo, M., Panigrahi, C., Vishwakarma, S., & Kumar, J. (2022). A Review on Nanotechnology : Applications in Food Industry, Future Opportunities, Challenges and Potential Risks. *Journal of Nanotechnology and Nanomaterials*, 3(1), 28–33.
- Saifuddin, N., Nian, C. Y., Zhan, L. W., & Ning, K. X. (2011). Chitosan-silver nanoparticles composite as point-of-use drinking water filtration system for household to remove pesticides in water. *Asian Journal of Biochemistry*, 6(2), 142–159. <https://doi.org/10.3923/ajb.2011.142.159>
- Savithramm, N., Rao, M. L., & Devi, P. S. (2010). Evaluation of Antibacterial Efficacy of Biologically Synthesized Silver Nanoparticles using Stem Barks of *Boswellia ovalifoliolata* Bal. and *Henry* and *Shorea tumbuggaia* Roxb. *Journal of Biological Sciences*, 11(1), 39–45. <https://doi.org/10.3923/jbs.2011.39.45>
- Singh, J., Dutta, T., Kim, K.-H., Rawat, M., Samddar, P., & Kumar, P. (2018). 'Green' synthesis of metals and their oxide nanoparticles: applications for environmental remediation. *Journal of Nanobiotechnology*, 16(1), 84. <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0408-4>
- Singh, M., Manikandan, S., & Kumaraguru, A. K. (2011). Nanoparticles: A New Technology with Wide Applications. *Research Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.3923/rjnn.2011.1.11>
- Singh, V. P., Pathak, V., & Verma, A. K. (2012). Fermented meat products: Organoleptic qualities and biogenic amines-A review. *American Journal of Food Technology*, Vol. 7, pp. 278–288. <https://doi.org/10.3923/ajft.2012.278.288>
- Singh V.P., & Sachan Neelam. (2011). Meat Species Specifications to Ensure the Quality of Meat - A Review. *International Journal of Meat Science*, Vol. 1, pp. 15–26.
- Sung, Y. J., Suk, H. J., Sung, H. Y., Li, T., Poo, H., & Kim, M. G. (2013). Novel antibody/gold nanoparticle/magnetic nanoparticle nanocomposites for immunomagnetic separation and rapid colorimetric detection of *Staphylococcus aureus* in milk. *Biosensors and Bioelectronics*, 43(1), 432–439. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2012.12.052>
- Suptijah, P. (2009). Sumber Nano Kalsium Hewan Perairan. In *101 Inovasi Indonesia*. Jakarta: Kementerian Riset dan Teknologi.
- Tangendjaja, B. (2021). Tantangan Produksi Daging Biakan (Cultured Meat). Retrieved August 7,

- 2022, from <http://www.majalahinforet.com/2021/06/tantangan-produksi-daging-biakan.html>
- V. Pathak, V.P., S., & Yadav, S. (2011). Ultrasound as a Modern Tool for Carcass Evaluation and Meat Processing: A Review. *International Journal of Meat Science*.
- Velusamy, V., & Palaniappa, L. (2011). Compositional Analysis α -Lactalbumin. *American Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 1(2), 106–120. <https://doi.org/10.3923/ajbmb.2011.106.120>
- Verma, A. K., Singh, V. P., & Vikas, P. (2012). Application of nanotechnology as a tool in animal products processing and marketing: An overview. *American Journal of Food Technology*, 7(8), 445–451. <https://doi.org/10.3923/ajft.2012.445.451>
- Waltz, E. (2021). Club-goers take first bites of lab-made chicken. *Nature Biotechnology*, 39(3), 257–258. <https://doi.org/10.1038/s41587-021-00855-1>
- Wang, J. J., Liu, B. H., Hsu, Y. T., & Yu, F. Y. (2011). Sensitive competitive direct enzyme-linked immunosorbent assay and gold nanoparticle immunochromatographic strip for detecting aflatoxin M1 in milk. *Food Control*, 22(6), 964–969. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.12.003>
- Xie, Z., Zhao, Q., Wang, H., Wen, L., Li, W., Zhang, X., ... Wang, Y. (2020). Effects of antibacterial peptide combinations on growth performance, intestinal health, and immune function of broiler chickens. *Poultry Science*, 99(12), 6481–6492. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.08.068>