

Teknologi

NANOEMULSI DAN NANOKITOSAN EKSTRAK ANTOSIANIN BUAH PARIJOTO (*Medinilla speciosa*)

Victoria Kristina Ananingsih
Alberta Rika Pratiwi
Bernadeta Soedarini
Yohanes Alan Sarsita Putra



***Teknologi Nanoemulsi dan
Nanokitosan Ekstrak
Antosianin Buah Parijoto***

Penulis :

Victoria Kristina Ananingsih

Alberta Rika Pratiwi

Bernadeta Soedarini

Yohanes Alan Sarsita Putra

Penerbit : Universitas Katolik Seogijapranata



Teknologi Nanoemulsi dan Nanokitosan Ekstrak Antosianin Buah Parijoto

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis dan Penerbit.

ISBN : 978-623-5997-51-3
Desain Sampul : Yohanes Alan Sarsita Putra
Perwajahan Isi : Yohanes Alan Sarsita Putra
Ukuran buku : 15.5 x 23 cm
Font : Avenir
Tanggal Terbit : 27 November 2023

PENERBIT:

Universitas Katolik Soegijapranata
Anggota APPTI No. 003.072.1.1.2019
Anggota IKAPI No 209/ALB/JTE/2021
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang
50234
Telpon (024)8441555 ext. 1409
Website: www.unika.ac.id
Email Penerbit: ebook@unika.ac.id



Kata Pengantar

Kota Kudus dikenal oleh masyarakat umum adalah Soto Kudus dan Sunan Muria. Bagi Masyarakat Jawa, Sunan Muria bukanlah asing di telinga khususnya umat muslim. Sunan Muria, selain mewariskan ajaran tentang keluhuran budi karena kecintaan kepada Nabinya, ternyata juga mewariskan nilai-nilai melalui buah yang hanya baik tumbuh di Gunung Muria, yakni buah Parijoto. Dalam buku ini terlihat tim penulis berusaha melacak sejarah kultural hidangan yang memiliki nilai spiritual hingga olahan yang lebih modern.

Kegiatan mendokumentasikan melalui data dan cerita kemudian menuliskan adalah kontribusi nyata dari para akademisi sebagai tugas Tri Dharma Pergurua Tinggi. Terima kasih kepada para pihak yang memiliki keperihakan terhadap warisan budaya dan kepada kepada seluruh tim penulis yang telah mewujudkan buku ini dengan Teknologi Nanoemulsi dan Nanokitosan Buah Parijoto.



Literasi dengan kajian yang lengkap untuk Parijoto telah dimulai. Semoga buku ini dapat menjadi artefak yang akan bermanfaat bagi generasi mendatang. Selamat atas terbitnya buku ini.

Semarang, 20 September 2023
Rektor Universitas Katolik
Soegijapranata

Dr. Ferdinandus Hindianto,
S.Psi, M.Si



Kata Pengantar Penulis

Dengan rasa syukur yang tak terhingga, kami hadirkan buku ini sebagai upaya kami untuk berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang teknologi nanoemulsi dan nanokitosan, serta pemanfaatannya dalam ekstraksi antosianin dari buah Parijoto. Buku ini merupakan hasil dari kolaborasi, kerja keras, dan dedikasi para peneliti, akademisi, dan praktisi yang terlibat dalam proyek ini.

Teknologi nanoemulsi dan nanokitosan memiliki potensi besar dalam berbagai aplikasi industri, mulai dari farmasi, pangan, kosmetik, hingga pertanian. Kombinasi teknologi ini dengan ekstrak antosianin dari buah Parijoto membuka peluang baru dalam pengembangan produk-produk berkualitas tinggi dengan manfaat kesehatan yang tinggi pula.

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan dan bantuannya dalam penyusunan buku ini. Tanpa bantuan dan dukungan dari pihak-pihak terkait, realisasi buku ini tidak akan menjadi mungkin.



Semoga buku ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi pembaca, serta menjadi salah satu kontribusi kecil kami dalam pembangunan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia. Kami juga berharap agar riset dan inovasi terus berkembang demi kemajuan bangsa dan kesejahteraan masyarakat.

Semarang, 20 September 2023

Penulis



Daftar I

Epilog	iii
Daftar Is.....	v
Buah Parijoto dan Potensinya.....	1-9
Antosianin:	
Pigmen Merah Keunguan Alami.....	10-16
Proses Pengeringan Buah Parijoto.....	17-38
Proses Ekstraksi Buah Parijoto	39-43
Potensi Nanoteknologi dalam pemanfaatan Buah Parijoto	44-56
Teknologi Nanoemulsi.....	57-61
Nanokitosan: Inovasi Berkelanjutan	62-67
Pertimbangan Etis, Berkelanjutan, dan Keamanan dalam Nanoteknologi	68-78
Persepektif Sinergis Nanoteknologi dalam Teknologi Pangan	79-81
Daftar Pustaka.....	
.....	82-91



Daftar Tabel

Tabel 1. Klasifikasi Parijoto
9

Tabel 2. Parameter Optimum pada Metode Ultrasound-Assisted Extraction 43




Daftar Gambar

Gambar 1. Jenis-jenis antosianin yang umum ditemukan pada tanaman. Diadaptasi dari Tena et al., (2020)	12
Gambar 2. Struktur Kitosan	63




Bab. 1

BUAH PARIJOTO DAN POTENSINYA



Indonesia merupakan negara yang memiliki sedikitnya 30.000 spesies tumbuhan dan 7.000 tumbuhan herbal yang diantaranya dapat memberikan khasiat sebagai obat. Salah satu keanekaragaman hayati yang memiliki banyak manfaat secara ilmiah yaitu tumbuhan parijoto (*Medinilla speciosa*). Buah Parijoto diperoleh di lereng Pegunungan Muria, Desa Colo, Kecamatan Dawe, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Buah Parijoto memiliki cita rasa yang masam dan sepat dengan tekstur keras. Warna buah ini merah keunguan yang dihasilkan dari adanya pigmen antosianin. Antosianin memiliki karakteristik larut dalam air dan memberikan warna biru, ungu, jingga dan merah kepada buah dan sayur. Kandungan antosianin ini berperan sebagai antioksidan dan bermanfaat dalam menangkal radikal bebas yang berpengaruh pada kesehatan tubuh (Salim *et al.*, 2017). Buah Parijoto juga mengandung antioksidan yang diperoleh dari kandungan fenol, anotisanin, flavonoid dan tanin. (Widyasaputra *et al.*, 2022).






Parijoto (*Medinilla speciosa*) merupakan salah satu buah lokal yang tumbuh di dataran rendah dan dapat ditemukan di lereng Gunung Muria, Kudus, Jawa Tengah. Parijoto tumbuh pada ketinggian 700-2300 meter (Siqhny et al., 2020). Masyarakat Kudus umumnya mengkonsumsi buah parijoto karena beredarnya mitos bahwa apabila seorang ibu hamil mengkonsumsinya, maka anak yang dilahirkan akan berparas cantik atau tampan (Wibowo et al., 2012). Kendati demikian, buah parijoto masih jarang dikonsumsi oleh masyarakat luas sehingga perlu dikaji lebih lanjut terkait pengolahan maupun manfaatnya dan perlu dibudidayakan (Widjanarko & Wismar'ain, 2011).





Parijoto memiliki umur simpan yang relatif pendek di suhu ruang oleh sebab itu diperlukan pengolahan lebih lanjut (Hasbullah et al., 2021). Parijoto dikenal sebagai buah yang memiliki cita rasa masam dan tekstur yang keras serta komponen fitokimia. Beberapa senyawa fitokimia yang terkandung adalah flavonoid, saponin, tannin, alkaloid, kardenolin, dan glikosida (Balamurugan, 2014 ; Depkes RI, 2009). Parijoto dimanfaatkan sebagai antioksidan yang berperan dalam menangkal radikal bebas. Salah satu antioksidan yang terkandung dalam parijoto adalah senyawa flavonoid. Flavonoid memiliki kemampuan untuk meningkatkan produksi hormon insulin dan dapat melawan kerusakan sel dari serangan hiperglikemia serta meningkatkan penyerapan glukosa yang dapat digunakan sebagai alternatif pengobatan (Apriana et al., 2022)



Parijoto (*Medinilla speciosa*) merupakan salah satu tanaman yang dibudidayakan di Pegunungan Muria, Kudus, Jawa Tengah. Parijoto termasuk ke dalam famili *Melastomataceae* yang memiliki daun yang berkarang, akar yang tunggang, batang yang bulat, daun yang berjumlah 2 dengan posisi saling berhadapan, tulang daun menyirip berwarna hijau muda, dan bunga dengan 4 cabang yang panjangnya sama. Pada bunganya, terdapat 4 cabang yang memiliki panjang yang sama dengan masing-masing cabang memiliki 2 cabang berbentuk menggarpu dan satu bunga di ujungnya. Bunganya juga memiliki benang sari yang berjumlah 10 helai berwarna ungu dengan serbuk sari yang berwarna kuning serta satu kepala putik berwarna merah muda yang memiliki 4 daun buah dengan mahkota bunga berwarna putih (Apriana *et al.*, 2022).

Parijoto dapat diklasifikasikan sebagai berikut :



Tabel 1. Klasifikasi Parijoto

Kingdom	Plantae
Subkingdom	Viridiplantae
Infrakingdom	Streptophyta
Superdivisi	Embryophyta
Divisi	Tracheophyta
Subdivisi	Spermatophytina
Kelas	Magnoliopsida
Superordo:	Rosanae
Ordo	Myrtales
Famili	Melastomataceae
Genus	Medinilla Gaudich
Species	<i>Medinilla magnifica</i>

Sumber : ITIS (2014)





Bab. 2

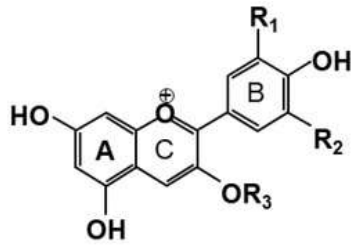
**ANTOSIANIN:
PIGMEN MERAH KEUNGUAN ALAMI**



Antosianin

Antosianin adalah pigmen warna larut air yang dapat ditemukan pada berbagai tanaman. Antosianin termasuk dalam golongan turunan flavonoid, dan dapat ditemukan dalam berbagai bagian tanaman, seperti daun, bunga, buah, batang, dan akar, yang menunjukkan warna biru hingga merah (Mattioli et al., 2020). Perubahan warna pada tanaman yang kaya akan antosianin dapat terlihat ketika terjadi perubahan kandungan antosianin atau perubahan pH yang sering mengikuti proses pematangan. Pada tanaman, antosianin berperan menarik serangga penyerbuk karena warnanya yang cerah, dan karena sifatnya yang menyerap cahaya, dapat melindungi tanaman dari kerusakan akibat sinar UV dan serangan dingin (Mattioli et al., 2020).

Setiap molekul antosianin terdiri atas gugus antosianidin dan gugus glukosida. Berbagai jenis antosianin telah dideteksi dan diisolasi. Enam jenis antosianin yang paling umum ditemukan adalah delphinidin, petunidin, malvidin, cyanidin, peonidin, dan pelargonidin (Gambar 1). Di alam, cyanidin menunjukkan warna biru kemerahan (magenta), dan banyak ditemukan di buah *berry*, ubi merah, jagung ungu, dan juga parioto. Delphinidin terlihat berwarna keunguan, pelargonidin lebih terlihat oranye atau kemerahan, peonidin magenta, malvidin ungu, dan petunidin merah gelap atau biru (Khoo et al., 2017).



Name	R ₁	R ₂	R ₃
Delphinidin	OH	OH	H
Petunidin	OH	OCH ₃	H
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃	H
Cyanidin	OH	H	H
Peonidin	OCH ₃	H	H
Pelargonidin	H	H	H

Gambar 1. Jenis-jenis antosianin yang umum ditemukan pada tanaman. Diadaptasi dari Tena et al., (2020).



Manfaat antosianin bagi kesehatan

Antosianin telah menunjukkan berbagai manfaat bagi kesehatan pada tataran uji menggunakan hewan coba. Misalnya, pada tikus yang obesitas, antosianin dilaporkan dapat mengurangi berat badan dan memperbaiki profil lipid dalam darah. Demikian pula, pada babi betina dengan kondisi gangguan jantung, antosianin mendemonstrasikan kemampuan merilekskan pembuluh darah arteri koroner. Selain itu, antosianin juga menunjukkan efek anti-kanker dan anti-diabetes pada berbagai uji *in vivo* dan *in vitro* (Khoo et al., 2017).





Kestabilan antosianin

Karena warnanya yang menarik, pigmen antosianin jamak digunakan sebagai pewarna alami. Akan tetapi, kestabilannya sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman, cahaya, dan suhu. Pada pH asam, antosianin menunjukkan warna merah, dan seiring perubahan pH menjadi lebih basa, warna antosianin berangsur-angsur menjadi lebih kebiruan. Akan tetapi, dalam warna biru, antosianin cenderung tidak stabil.

Bagaimana antosianin dimanfaatkan oleh tubuh

Antosianin yang dikonsumsi dan masuk dalam saluran tubuh manusia akan melalui saluran pencernaan dan mengalami berbagai macam transformasi seiring terjadinya perubahan pH, paparan enzim pencernaan, dan aktivitas microbiota usus dalam proses pencernaan. Tidak hanya antosianin dalam bentuk senyawa awal yang berperan dalam menjaga kesehatan kita, akan tetapi juga berbagai senyawa metabolit yang terbentuk selama proses pencernaan dan absorpsi. Diduga, terjadi sinergi antara senyawa antosianin awal, metabolit hasil degradasi, produk konjugasi yang terbentuk di liver, dan metabolit dari fermentasi microbiota usus besar, dalam memberikan manfaat kesehatan bagi tubuh kita (Tena et al., 2020).



Antosianin pada parijoto

Buah parijoto (*Medinilla speciosa*) memiliki warna keunguan terang, yang mengindikasikan adanya kandungan antosianin di dalamnya. Diketahui, kandungan antosianin pada buah parijoto adalah jenis sianidin dan delphinidin (Rumope et al., 2020). Ekstrak buah parijoto yang telah dikonfirmasi mengandung antosianin diduga memiliki efek antioksidan pada subyek hiperlipidemia. Dalam uji menggunakan tikus hiperlipidemia sebagai hewan coba, ekstrak buah parijoto menunjukkan efek penurunan malondialdehid (MDA) pada serum darah. Kadar MDA yang tinggi pada darah menggambarkan tingginya status oksidasi pada subyek (Sa'adah et al., 2019). Prediksi menggunakan metode *in silico* menunjukkan bahwa antosianin dalam parijoto dapat berperan dalam menurunkan total






Pra Perlakuan

Selama proses pengeringan berlangsung, nutrisi pada produk pangan yang sensitif terhadap panas akan hilang akibat terpapar panas dengan suhu yang tinggi dan dalam rentang waktu yang lama. Hal tersebut mengakibatkan adanya perubahan sifat fisik dan warna yang terjadi setelah proses pengeringan berlangsung. Untuk mencegah hal tersebut, diperlukan pra perlakuan sebelum proses pengeringan berlangsung agar dapat menjaga sifat fisikokimia dari hasil akhir produk pangan. Pra perlakuan berfungsi dalam memperlambat terjadinya pembusukan enzim negatif, mencegah terjadinya degradasi vitamin yang sensitif dengan oksigen, mengurangi lama pengeringan produk pangan, dan memperpanjang umur simpan dari produk yang dikeringkan. Pra perlakuan dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti *blanching* dan perendaman pada konsentrasi bahan kimia seperti asam sitrat, garam, dan natrium metabisulfit (Mohammed *et al.*, 2022).

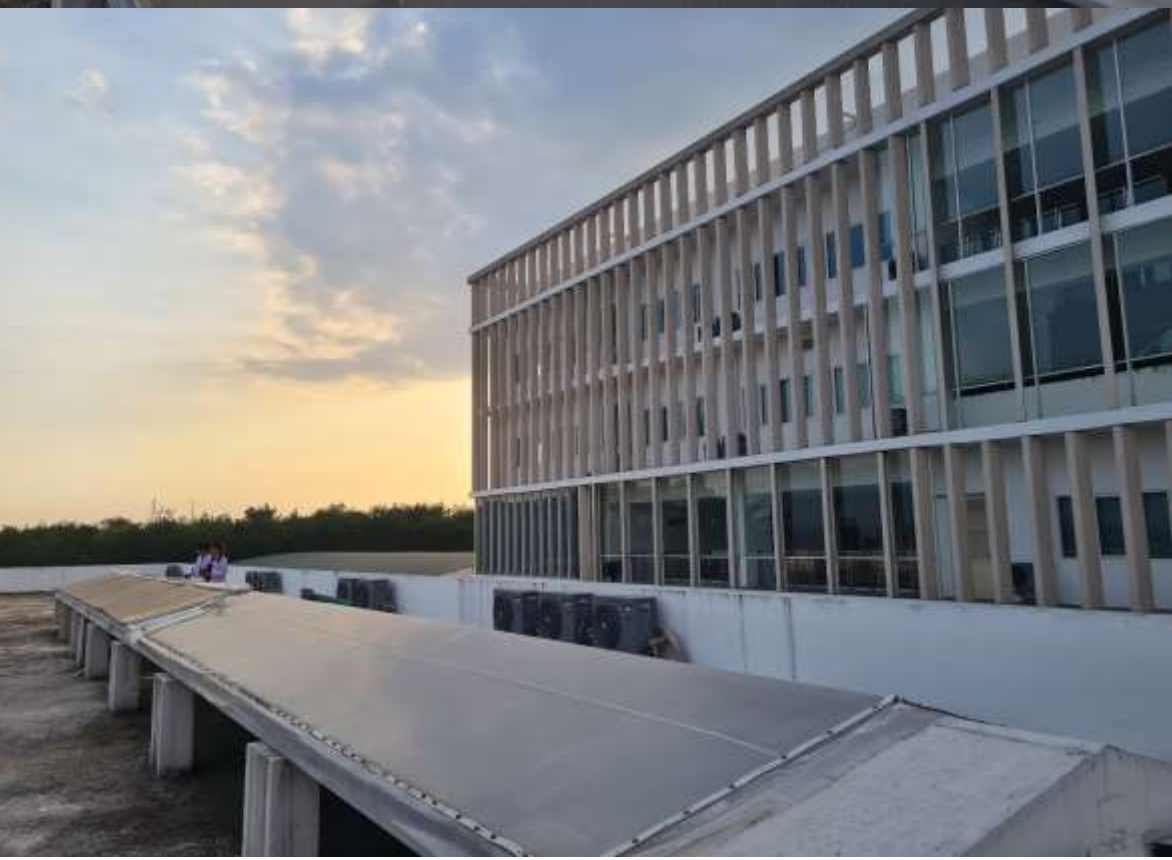
Steam Blanching



Blanching merupakan perlakuan pemanasan yang biasanya dilakukan sebelum memulai perlakuan pada makanan seperti pengeringan, pengalengan, dan penggorengan. *Blanching* berfungsi untuk menjaga kualitas produk pangan selama proses penyimpanan dalam rentang waktu yang lama dengan cara menonaktifkan enzim pada produk pangan seperti enzim peroksidase (POD) dan enzim polifenol oksidase (PPO). Kedua enzim tersebut menyebabkan kerusakan pada bahan pangan seperti perubahan warna yang tidak diinginkan yaitu pencoklatan dan rasa yang tidak enak. Selain itu, fungsi lain dari *blanching* adalah membunuh mikroorganisme pada produk pangan, melembutkan tekstur, membentuk retakan halus pada kulit produk pangan, dan mempercepat laju pengeringan dengan cara mengeluarkan udara interseluler dari jaringan (Xiao *et al.*, 2014). Prinsip dari *blanching* yaitu memanaskan produk pangan dengan tempo yang cepat yaitu berkisar antara 1 hingga 10 menit menuju suhu yang telah ditentukan. Setelah itu, produk pangan dapat langsung didinginkan agar dapat diproses selanjutnya. Pada *blanching*, terdapat berbagai jenis metode seperti *microwave blanching*, *hot water blanching*, dan *steam blanching*. *Steam blanching* memiliki keunggulan berupa mampu menjaga kandungan komponen larut dalam air dan mineral yang terkandung pada produk pangan dibandingkan dengan menggunakan *hot water blanching* yang dapat menimbulkan degradasi pada komponen yang sensitif dengan panas. Pada *steam*



blanching juga mampu meningkatkan pigmen antosianin monomer dan menjaga kualitas warna pada buah akibat adanya uap selama proses *blanching* berlangsung (Xiao *et al.*, 2017).





Perendaman Asam Sitrat

Asam sitrat adalah senyawa tingkat menengah dari asam organik yang membentuk kompleks pada ion tembaga yang berfungsi sebagai katalis saat terjadinya reaksi pencoklatan (*browning*). Asam sitrat juga dapat berperan dalam memperlambat terjadinya reaksi pencoklatan dengan memanfaatkan penurunan pH hingga dibawah 3 sehingga buah dalam kondisi asam yang menyebabkan enzim polifenol oksidase menjadi tidak aktif. Proses penurunan pH tersebut terjadi karena asam sitrat bersifat asam yang berasal dari 3 gugus karboksilat COOH sehingga dapat melepaskan proton (H^+) pada larutan. Pada asam sitrat juga memiliki fungsi yang lain yaitu dapat mengurangi resiko ketengikan pada hasil akhir produk pangan dan dapat dijadikan buffer yang berperan dalam menstabilkan pH selama proses perendaman berlangsung (Santosa *et al.*, 2019). Selain itu, asam sitrat juga dapat berperan dalam mempertahankan warna alami dari buah karena selama perendaman dengan menggunakan asam sitrat akan terjadi reaksi yang dapat menurunkan pH jaringan produk. Hal tersebut dapat berguna dalam mencegah resiko terjadinya *enzymatic product* (Ananingsih *et al.*, 2017)

Antosianin sebagai sebuah senyawa bioaktif, memiliki aktivitas antioksidan yang dapat membantu kinerja dari sel darah merah, mengontrol gula darah, serta menurunkan risiko terbentuknya sel kanker



(Charmongkolpradit *et al.*, 2021) Pada saat ini, beberapa tanaman pangan yang dikenal kaya akan antosianin antara lain rosella (*Hibiscus sabdariffa*) (Wu *et al.*, 2018), anggur (*Vitis vinifera*) (Balík *et al.*, 2013), terung (*Solanum melongena*) (Fu *et al.*, 2021), kedelai hitam (*Glycine max*) (Kim *et al.*, 2012), dan pariijoto (*Medinilla speciosa*) (Pertiwi *et al.*, 2021). Akan tetapi, tanaman pangan tersebut rentan mengalami kerusakan, terutama kerusakan yang didorong oleh aktivitas mikroorganisme dan degradasi. Oleh karena itu, dalam usaha meningkatkan umur simpan tanaman pangan serta antosianin yang terkandung di dalamnya, metode preservasi sederhana yang umum dilakukan adalah metode pengeringan (Charmongkolpradit *et al.*, 2021; Tan *et al.*, 2022; Djaeni *et al.*, 2018).





Solar Tunnel Dryer

Pengeringan merupakan proses penghilangan sebagian atau lebih kandungan air pada suatu produk atau material dengan memanfaatkan energi kalor hingga batas yang telah ditentukan. Pada proses pengeringan juga terdapat perpindahan panas dan massa secara bersamaan sehingga menyebabkan transfer energi panas yang berasal dari lingkungan ke permukaan bahan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses penguapan air dari dalam bahan ke permukaan karena adanya udara tidak jenuh yang terhembus dari bahan tersebut. Pada proses pengeringan terdapat berbagai metode dan jenis pemanfaatan energi seperti *sun drying*, *freeze drying*, *vacuum drying*, dan *microwave drying* (Hidayat & Setiawan, 2016). Proses pengeringan dengan menggunakan energi surya dapat terbagi menjadi tiga yaitu pengeringan secara langsung, pengeringan secara tidak langsung, pengeringan gabungan. Pengeringan secara langsung yaitu ketika bahan secara langsung terpapar radiasi sinar matahari tanpa adanya pelindung maupun penutup. Kemudian, pengeringan secara tidak langsung dilakukan dengan memanfaatkan udara panas yang didapatkan dari radiasi sinar matahari dan menciptakan aliran udara panas untuk dilewatkan pada produk yang sedang dikeringkan. Pada pengeringan gabungan, pengeringan dilakukan dengan menggunakan radiasi surya secara langsung maupun hanya untuk memanaskan aliran udara (Tarigan, 2020).




Proses pengeringan yang seringkali dijumpai dan mudah untuk digunakan adalah *solar tunnel drying*. Proses pengeringan *solar tunnel drying* memanfaatkan energi surya yang dihasilkan oleh matahari dan kemudian dikonversi menjadi energi panas. *Solar tunnel drying* memiliki berbagai keunggulan dibandingkan metode pengeringan lainnya seperti ramah lingkungan, tidak menyebabkan polusi, memiliki biaya produksi yang murah, melindungi produk dari kontaminasi serangga dan debu, serta tetap mempertahankan kualitas buah parijoto (Hidayat & Setiawan, 2016). *Solar tunnel dryer* merupakan gabungan dari *solar dryer* dan *tunnel dryer*. *Solar dryer* merupakan alat pengering yang mengandalkan energi surya yang berasal dari sinar matahari dengan menggunakan kolektor panas sebagai penyerap panas sehingga mampu mengubah energi surya menjadi energi panas secara optimal serta dapat menstabilkan suhu di area *solar dryer* tersebut atau biasa disebut dengan *indirect solar dryer*. *Solar tunnel dryer* sendiri identik dengan adanya terowongan yang berguna sebagai sirkulasi aliran udara panas yang pergerakannya berbanding terbalik dengan arah

pergerakan produk (Hardianti *et al.*, 2017). Di dalam area *solar tunnel dryer*, suhu pengeringan dapat mencapai 60°C sehingga cocok dengan suhu pengeringan yang dibutuhkan oleh bahan pangan yaitu sekitar 60°C hingga 70°C. Suhu pengeringan juga dapat



dikendalikan dengan adanya kipas yang berada di ujung alat *solar tunnel dryer* sehingga dapat membantu pergerakan aliran udara panas yang ada pada *solar tunnel dryer* (Darmadi & Ananingsih, 2008).





Pada penelitian ini, alat *solar tunnel dryer* yang dipakai telah dilakukan modifikasi terlebih dahulu dengan penggunaan penutup yaitu menggunakan paranet dan plastik UV. *Solar tunnel dryer* memiliki kekurangan yaitu berpotensi terpapar radiasi sinar matahari dengan intensitas sangat tinggi sehingga menyebabkan produk yang sedang dikeringkan menjadi gosong. Hal tersebut dapat dicegah dengan penambahan penutup dan pelindung pada *solar tunnel dryer* yaitu dengan menambahkan paranet dan plastik UV. Penggunaan paranet dapat berguna untuk mengontrol jumlah intensitas cahaya matahari yang masuk dengan berdasarkan kerapatan paranet yang digunakan seperti 90%, 80%, 70%, dan lain-lain (Sukadi, 2018). Lalu, *solar tunnel dryer* dilakukan penambahan plastik UV yang berfungsi sebagai penyerap radiasi sinar UV yang dihantarkan oleh sinar matahari sehingga dapat mencegah dampak buruk yang dihasilkan sinar UV pada produk pangan yang sedang dikeringkan. Plastik UV juga memiliki fungsi yang lain yaitu dapat menjadi penahan dan penghantar panas sehingga dapat





Cabinet Drying

Teknik pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan makanan pertama yang dilakukan umat manusia. Beberapa metode pengeringan yang biasa digunakan untuk pengeringan produk makanan adalah *cabinet drying*, *freeze drying*, *vacuum drying*, *spray drying*, dan *solar tunnel drying*. *Cabinet dryer* merupakan alat pengering bertingkat yang menggunakan udara panas dalam ruang tertutup. Teknologi pengeringan ini dianjurkan untuk mengeringkan sampel yang sensitif terhadap panas dan rentan pada jamur. Metode pengeringan ini termasuk dalam sistem pengeringan konveksi yang menggunakan aliran udara panas untuk mengeringkan produk. Proses pengeringan terjadi ketika aliran udara panas bersentuhan langsung dengan permukaan produk yang akan dikeringkan. Sampel diletakkan pada setiap rak dan disusun atau diratakan sehingga dapat benar-benar kering. Sangat penting untuk memperhatikan kelembaban udara, yang membatasi kemampuan udara untuk menguapkan air dari produk dengan mengatur aliran udara dari pengering ini (Thaib et al., 2008).

Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan kelembaban untuk mencegah pertumbuhan dan reproduksi mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan serta meminimalkan banyak reaksi kerusakan lainnya. Hal ini menghasilkan pengurangan besar dalam berat dan volume yang meminimalkan



biaya pengepakan, penyimpanan dan transportasi serta memungkinkan produk disimpan pada suhu ruangan (Orishagbemi et al., 2000). Proses pengeringan tidak hanya menurunkan kadar air produk, tetapi juga mempengaruhi sifat fisik dan kimia lainnya yang akan mengubah bentuk, kerenyahan, kekerasan, aroma, rasa dan nilai gizi produk pangan.






Pengeringan Buah Parijoto

Proses pengeringan atau *drying* sendiri terdiri dari beragam metode, seperti *freeze drying*, *solar drying*, *IF (infra-red) drying*, *spray drying*, *air drying*, *oven drying*, *vacuum drying*, dan *fluidized-bed drying*. Konsep dari semua metode ini adalah pada dasarnya adalah sama, yakni meminimalisir kandungan air dari suatu badan sistem untuk mencegah aktivitas mikroorganisme dan reaksi kimia, sehingga meningkatkan umur simpan suatu produk (Mujumdar dan

Law, 2010). Yang menjadi pembeda dari metode-metode tersebut ada pada media dan bagaimana suatu produk ini diperlakukan untuk mencapai level kandungan air yang diharapkan. Melihat antosianin sendiri merupakan pigmen yang rentan mengalami perubahan sifat ketika dihadapkan dengan perlakuan dari lingkungan, dibutuhkan optimalisasi dan studi mengenai bagaimana dampak atau efek dari masing-masing metode ini terhadap kandungan antosianin pada suatu produk serta kestabilan dan aktivitas antioksidan sebagai manfaat utama dari pigmen ini.

Efek dari proses pengeringan ini dapat diamati dari kuantifikasi senyawa antosianin melalui analisis TMAC, LC-MS, dan HPLC ketika sebelum dan sesudah proses pengeringan dilakukan. Kuantifikasi senyawa antosianin ini juga dapat dilakukan sebagai bentuk total senyawa atau dengan mengamati sifat/aktivitas dari



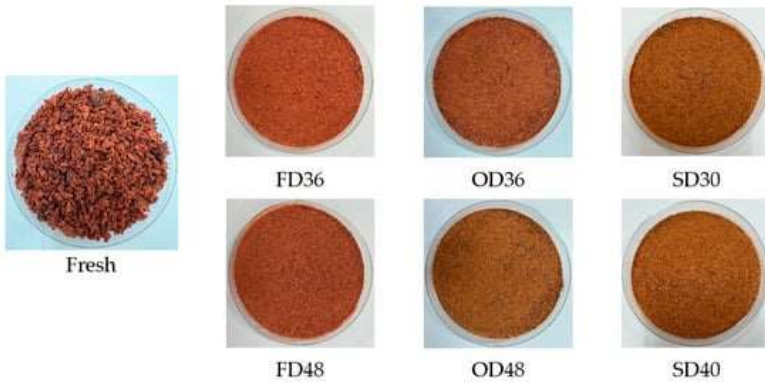
golongan senyawa ini seperti Total Phenolic Content (TPC), Total Flavonoid Content (TFC), atau kapasitas antioksidan.

Melalui pengamatan sensorik, sebagai senyawa yang berupa pigmen, perubahan karakteristik dari antosianin ini juga dapat diamati menggunakan chromameter/colorimeter yang menghasilkan angka perubahan warna (ΔE) yang sebanding dengan nilai L (*lightness/darkness*), a (*redness/greenness*), dan b (*yellowness/blueness*). Nilai warna ini erat kaitannya dengan salah satu fenomena yang sering terjadi ketika tanaman pangan mengalami proses pengeringan, yaitu reaksi *browning* yang direpresentasikan dalam nilai *Browning Index* (BI). Nilai ini memiliki persamaan dengan karakteristik warna L, a, b suatu produk sebagai berikut:


$$BI = 100 \times \left(\frac{X - 0.31}{0.17} \right)$$

di mana nilai X memiliki persamaan:


$$X = \frac{(a^* + 1.75L)}{(5.645L + a^* - 3.012 b)}$$



Karakteristik fisik tanaman dengan antosianin ketika mengalami pengeringan dengan metode FD (*freeze drying*), OD (*oven drying*), dan SD (*sun drying*) selama 30, 36, 40, dan 48 jam masing-masing (Nawawi *et al.*, 2023).



Faktor-faktor seperti suhu dan waktu pengeringan sangat berpengaruh nyata terhadap senyawa fenolik, aktivitas antioksidan, dan warna ekstrak antosianin yang didapatkan. Senyawa yang sensitif terhadap suhu dan oksigen, khususnya antosianin, sangat tidak cocok jika dikeringkan menggunakan suhu yang tinggi dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, dibandingkan *oven drying* (45 °C) dan *sun drying*, pengeringan secara *freeze drying* selama 36 jam lebih memiliki kemampuan untuk mempertahankan aktivitas antosianin, TPC, TFC karena pengeringannya yang menggunakan suhu rendah.



Nilai L^* yang lebih rendah pada hasil pengeringan menggunakan *freeze drying* sekaligus menunjukkan bahwa ekstrak memiliki warna yang lebih gelap serta berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pewarna alami. Ketika antosianin dikeringkan menggunakan suhu relatif tinggi, terjadi perubahan warna sekaligus penurunan dari aktivitas antioksidan serta nilai kandungan senyawa seperti TPC dan TFC di dalamnya. Bahkan, menurut penelitian West dan Mauer (2013), warna antosianin mulai berubah dari merah menjadi oranye setelah pemanasan menggunakan *oven drying* 40 °C walaupun pada kondisi pH 3 dan pH 4. Secara keseluruhan, bagi industri pewarna atau bahan tambahan makanan, pengeringan produk dengan antosianin sangat disarankan untuk dilakukan menggunakan proses dengan suhu yang relatif rendah (Nawawi *et al.*, 2023)



Bab. 4

PROSES EXTRAKSI BUAH PARIJOTO




Ekstraksi Buah Parijoto

Ekstraksi merupakan proses pemisahan bahan dari suatu campuran dengan menggunakan pelarut sesuai dengan karakteristik bahan tersebut. Apabila konsentrasi pelarut dan bahan telah seimbang maka proses ekstraksi akan dihentikan. Tahapan proses ekstraksi meliputi pengelompokkan bagian tanaman seperti akar, daun, bunga, hingga buah yang akan dikeringkan dan dihaluskan dan pemilihan jenis pelarut seperti pelarut polar, semipolar, dan nonpolar (Mukhriani, 2014).

Ultrasonic-Assisted Extraction

Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE) merupakan salah satu teknik ekstraksi yang menggunakan bantuan *ultrasound* untuk mempercepat difusi pelarut dan menghasilkan kecepatan transfer massa yang lebih cepat sehingga ekstraksi berjalan lebih cepat dan efektif. Metode UAE memiliki beberapa kelebihan yakni lebih sederhana, ekonomis, dan membutuhkan energi yang sedikit sehingga menghasilkan ekstrak yang lebih murni dibanding metode lainnya. Prinsip kerja dari UAE didasarkan pada prinsip *ultrasound* kavitasi akustik yang diinduksi oleh gelombang kompresi dan penghalusan di dalam molekul media dapat merusak dinding sel matriks serta membantu dalam pelepasan senyawa bioaktif. Selama proses sonikasi, kavitasi akustik akan



menghasilkan gelembung kavitas sehingga dinding sel akan pecah dan menyebabkan perkolasi pelarut ke bahan. Penggunaan *ultrasound* menyebabkan pecahnya dinding sel sehingga terjadi lisis dan mendorong penetrasi pelarut ke sampel yang mempercepat laju difusi ke dinding sel (Syahir *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini, alat UAE yang digunakan telah dimodifikasi dengan tambahan kipas dan pompa guna membantu menurunkan temperatur. Pompa dan kipas berperan dalam menurunkan temperatur pada air di dalam UAE. Pompa akan dihubungkan melalui selang-selang dan kipas dihubungkan pada kabel-kabel menuju ke arah *DC power supply* serta terdapat potensiometer yang berfungsi untuk mengatur kecepatan kipas yang terletak di luar UAE. Mekanisme cara kerja dari alat ini adalah ketika mesin UAE dan *DC power supply* dinyalakan, sirkulasi air dari reservoir akan menuju ke UAE dengan bantuan *submersible pump* dan air dari UAE akan didinginkan dengan *water cooling block* lalu menuju ke reservoir.





Beberapa faktor yang mempengaruhi ekstraksi adalah temperatur, luas permukaan, jenis pelarut, perbandingan zat terlarut dengan pelarut yang digunakan, kecepatan, dan lama pengadukan. Berdasarkan penelitian Kunarto & Sani (2020), semakin tinggi temperatur yang digunakan maka hasil ekstrak akan semakin meningkat karena kontak antara pelarut dengan bahan yang semakin lama sehingga pelarut dapat menembus dinding sel dan menarik senyawa untuk keluar dari bahan. Selain itu, waktu yang semakin lama dapat membantu gelembung kavitasi untuk memecah sel pada sampel sehingga ekstrak yang dihasilkan semakin meningkat.

Tabel 2. Parameter Optimum pada Metode *Ultrasound-Assisted Extraction*


Parameter	Nilai Optimum
Waktu Ekstraksi (menit)	30
Temperatur Ekstraksi (°C)	30-50
Jenis Pelarut	Etanol





Nanoteknologi merupakan teknologi yang memiliki ukuran dalam satuan nanometer. Nanometer merupakan satuan panjang yang bila dikonversikan ke ukuran meter menjadi sepermiliar meter atau 10^{-9} m. Berbagai pihak juga mengemukakan definisi dari nanoteknologi. Menurut US *Environmental Protection Agency* (2007), nanoteknologi adalah ilmu yang berisi pemahaman dan pengendalian materi yang biasanya memiliki ukuran dalam kisaran 1-100- nm. Sifat fisik dari materi yang menerapkan prinsip nanoteknologi dapat memungkinkan adanya aplikasi pada hal baru. Suatu senyawa dapat dinyatakan sebagai nanopartikel bila memiliki ukuran maksimal 1.000 nm (Zulfa & Puspitasari, 2019).

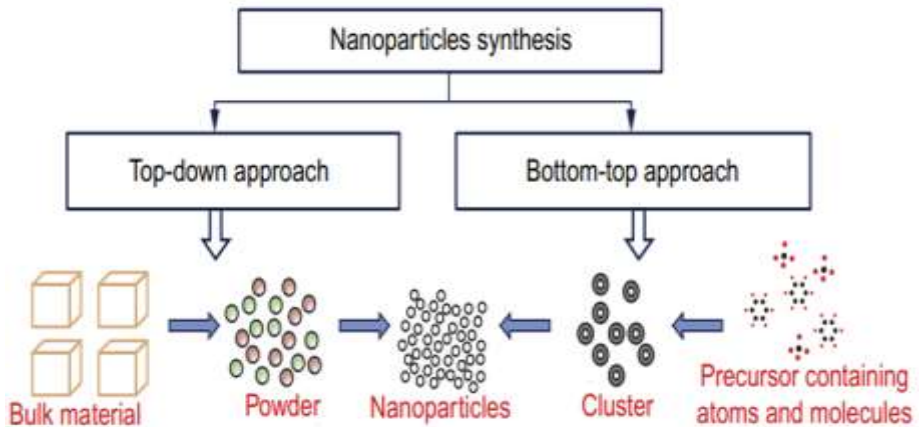
Nanoteknologi pertama kali dikemukakan oleh Richard Feynman saat berpidato di Institut Teknologi California pada bulan Desember 1959 dengan judul "There's Plenty of Room at the Bottom". Dalam pidatonya, Richard Feynman menyampaikan prinsip-prinsip miniaturisasi dan presisi tingkat atom. Beliau juga mengusulkan bahwa ada kemungkinan untuk membangun robot bedah pada skala nano dengan melakukan pengembangan teknologi secara bertahap sampai skala nano tercapai. Pada tahun 1974, istilah nanoteknologi pertama kali digunakan dalam makalah yang dibuat oleh Norio Taniguchi dengan judul "*On the Basic Concept of 'Nano-Technology'* " yang



menjelaskan nanoteknologi sebagai teknologi yang merekayasa material pada tingkat nanometer. Penemuan baru pada skala nano dimulai dengan *Buckminster fullerene* (juga disebut *buckyball*). *Buckyball* ditemukan pada tahun 1985 di Rice University. Pada tahun 1991, bahan pada skala nano menjadi fokus penelitian intensif dengan penemuan *nanotube* karbon oleh Sumio Iijima dari NEC. Dan pada tahun 2000, pemerintah AS mendirikan *National Nanotechnology Initiative* (NNI) untuk mengelola dan mengembangkan hal-hal berbasis nanoteknologi. (Lin et al., 2009). Penerapan teknologi nano dapat memengaruhi penyerapan dalam tubuh. Partikel-partikel zat dapat diserap dengan efektivitas yang tinggi karena ukurannya yang sangat kecil atau dalam ukuran nanometer. Nanopartikel yang ideal akan masuk ke jalur peredaran darah dan dapat mencapai sel atau jaringan yang tepat. (NP & Budiman, 2017).



Sintesis nanopartikel dalam teknologi nano dibedakan menjadi 2 macam pendekatan, yaitu pendekatan *top-down* dan *bottom-up*. Dalam pendekatan *top-down*, partikel yang berukuran cenderung besar akan dipecah menjadi partikel berukuran nanometer. Sedangkan, dalam pendekatan *bottom-up* akan membentuk partikel dalam ukuran nanometer dengan menyusun atom-atom atau molekul-molekul tertentu. Sintesis nanopartikel dengan pendekatan *top-down* dapat menghasilkan molekul dengan sifat yang lebih tepat dari yang diinginkan, tetapi rawan terjadinya kerusakan dan kontaminasi. Dalam sintesis nanopartikel menggunakan pendekatan *bottom-up*, kerusakan struktur dari molekul yang dihasilkan dapat diminimalkan dan memiliki struktur yang lebih homogen (Rahman *et al.*, 2020). Menurut Devatha dan Thalla (2018), berikut merupakan penjelasan dari pendekatan sintesis nanopartikel bila digambarkan dalam bagan.





Sintesis Nanopartikel (sumber : Devatha dan Thalla (2018))

Ultrasonikasi adalah salah satu metode modern untuk percepatan proses kimia. Secara umum, gelombang ultrasonik memengaruhi distribusi produk, mekanisme reaksi, dan laju reaksi melalui peningkatan suhu. Ultrasonikasi banyak digunakan untuk mendispersi padatan dan membersihkan permukaannya. Ultrasonikasi biasanya digunakan di bidang farmasi untuk melarutkan, mengekstraksi, mengemulsi, dan menyiapkan suspensi. Selain itu, ultrasonikasi juga dapat digunakan untuk memproduksi mikrogranul dan mensterilkan barang dengan berinteraksi langsung dengan molekul melalui fase cair (Savitskaya *et al.*, 2021).



Homogenisasi merupakan salah satu metode pembentukan nanopartikel. Proses homogenisasi sebagian besar digunakan untuk mengurangi ukuran droplet partikel minyak untuk memastikan stabilitas emulsi, seperti untuk melarutkan zein dalam yang menyebabkan pengendapan zein dan juga menghasilkan pengembangan partikel berukuran nano. Homogenisasi dapat dilakukan pada tekanan tinggi atau disebut *high-pressure homogenization* (HPH). Dalam proses tersebut, larutan akan diberi perlakuan di bawah tekanan tinggi (10– 100MPa) melalui lubang kecil yang menghasilkan turbulensi di bawah pengaruh gaya geser tinggi yang mengarah ke pemecahan droplet (Rahman et al., 2020).






Pemanfaatan dan Aplikasi Nanoteknologi pada Buah Parijoto


Nanoteknologi, sebuah cabang ilmu yang berfokus pada manipulasi dan pengendalian bahan pada skala nanometer, telah membawa dampak signifikan dalam berbagai bidang, termasuk industri dan ilmu pangan. Dengan kemampuan untuk mengubah sifat dan perilaku bahan pada tingkat atomik dan molekuler, nanoteknologi telah membuka peluang baru untuk inovasi dalam pengembangan produk, peningkatan efisiensi produksi, dan peningkatan kualitas pangan. Dalam industri pangan, nanoteknologi telah memungkinkan pengembangan berbagai jenis produk baru dengan karakteristik yang lebih unggul. Nanoteknologi telah membuka pintu untuk pengembangan bahan pangan fungsional yang lebih efektif. Partikel-partikel nano dapat diaplikasikan dalam makanan untuk meningkatkan stabilitas, dispersi, dan kelarutan bahan bioaktif, seperti vitamin dan antioksidan. Dengan memanfaatkan sifat khusus pada skala nanometer, nanoteknologi juga dapat digunakan untuk menghasilkan tekstur dan rasa yang unik dalam produk pangan.

Nanofood



Istilah 'nanofood' menggambarkan makanan yang telah dibudidayakan, diproduksi, diolah, atau dikemas menggunakan teknik atau alat nanoteknologi, atau makanan yang telah ditambahkan bahan-bahan nanomaterial buatan. Sebenarnya, nanofood telah menjadi bagian dari pengolahan makanan selama berabad-abad, karena banyak struktur makanan alami berada pada skala nanometer. Tujuan dari nanofood adalah untuk meningkatkan keamanan pangan, meningkatkan nutrisi dan rasa, serta mengurangi biaya. Meskipun nanofood masih dalam tahap awal, nanopartikel kini digunakan sebagai pengantar peptida antimikroba yang diperlukan untuk melawan penurunan kualitas makanan akibat kerusakan mikroba di industri makanan. Lapisan koloid pati yang diisi dengan zat antimikroba digunakan sehingga jika mikroorganisme tumbuh pada makanan yang dikemas, mereka akan menembus pati dan melepaskan agen antimikroba. Manfaat dari nanofood, misalnya, termasuk penambahan zat aditif yang mempromosikan kesehatan, masa simpan yang lebih lama, atau variasi rasa yang baru. Teknologi nanoteknologi yang belum diuji digunakan dalam lebih dari 100 produk makanan, kemasan makanan, dan bahan kontak yang saat ini berada di pasar, tanpa peringatan atau pengujian baru dari FDA.

Nanoenkapsulasi



Nanoenkapsulasi adalah teknologi yang mengemas zat dalam bentuk miniatur dengan tujuan mengoptimalkan pelepasan terkontrol dari inti. Teknologi ini melindungi senyawa bioaktif seperti vitamin, antioksidan, protein, lipid, dan karbohidrat dalam produksi makanan fungsional dengan stabilitas yang ditingkatkan. Beberapa teknik nanokapsul telah dikembangkan, contohnya nanoemulsifikasi dan nanokomposit. Teknologi enkapsulasi lipid, seperti nanoliposom, nanokoleat, dan arkeosom, telah membantu meningkatkan stabilitas dan efektivitas antioksidan serta nutrasetikal. Teknik ini dapat melindungi bahan aktif dan meningkatkan stabilitas, solubilitas, dan biavabilitas, serta meningkatkan nilai nutrisi makanan olahan.

Nanoemulsi

Nanoemulsi baru-baru ini mendapat perhatian dari industri makanan karena kejernihannya yang tinggi. Ini memungkinkan penambahan bahan bioaktif dan rasa yang diemulsifikasi secara nano ke dalam minuman tanpa mengubah penampilan produk. Nanoemulsi menunjukkan potensi besar untuk digunakan dalam minuman dan aplikasi lainnya. Berbagai jenis nanoemulsi, termasuk nanoemulsi satu lapis, dua lapis, dan tiga lapis, dapat diproduksi, tergantung pada polielektrolit seperti alginat dan kitosan. Partikel lipid padat terbentuk melalui kristalisasi terkontrol dari nanoemulsi pangan dan telah dilaporkan untuk



pengiriman bahan bioaktif, seperti likopen dan karotenoid. Keuntungan utama dari partikel lipid padat termasuk produksi dalam skala besar tanpa penggunaan pelarut organik, konsentrasi tinggi senyawa fungsional dalam sistem, stabilitas jangka panjang, dan kemampuan untuk diubah menjadi bentuk serbuk melalui pengeringan semprot. Pemanfaatan Nanoteknologi pada Buah Parijoto



Pemanfaatan Nanoteknologi dalam Buah Parijoto

Saat ini belum banyak dilaporkan tentang penelitian pemanfaatan nanoteknologi dari buah parijoto. Tentunya nanoteknologi telah memberikan peluang yang menarik dalam pemanfaatan buah parijoto (*Medinilla speciosa*) untuk pengembangan produk fungsional dalam industri pangan dan kesehatan. Beberapa potensi pemanfaatan nanoteknologi pada buah parijoto termasuk pengembangan senyawa bioaktif, pengemasan cerdas, dan peningkatan efektivitas aktivitas antioksidan dan antidiabetes. Salah satu penerapan yang punya potensi besar untuk dikembangkan nanoteknologi pada buah parijoto adalah pengembangan senyawa bioaktif dalam bentuk nanopartikel misalnya dalam bentuk nanoemulsi maupun nanokitosan. Dengan teknik nanoteknologi, senyawa-senyawa bioaktif yang terkandung dalam buah parijoto, seperti flavonoid, dapat diolah menjadi partikel nano untuk meningkatkan kelarutan, stabilitas, dan penyerapan oleh tubuh manusia.




Bab. 6

TEKNOLOGI NANOEMULSI

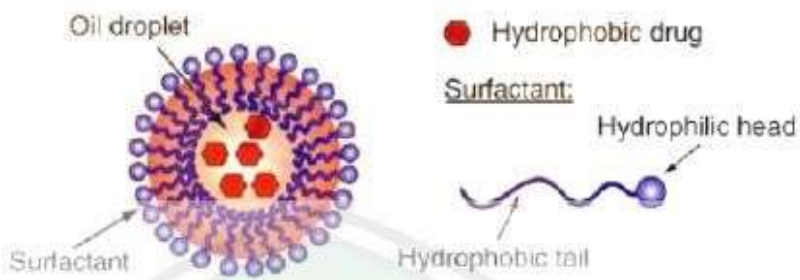


Nanoemulsi

Nanoemulsi merupakan penerapan nanoteknologi berbasis sistem emulsi yang *transparent*, tembus cahaya dan merupakan disperse minyak air yang distabilkan oleh lapisan film dari surfaktan atau molekul surfaktan yang memiliki ukuran droplet 50-500 nm (Shakeelet *al.*, 2008). Nanoemulsi memiliki bentuk fisik yang *transparent* atau *translucent*. Nanoemulsi memiliki beberapa keuntungan antara lain memiliki luas permukaan yang lebih besar dan bebas energi. Nanoemulsi tidak menunjukkan masalah dalam ketidakstabilan seperti pada makroemulsi yaitu *creaming*, flokulasi, koalesens, dan sedimentasi. Selain itu, nanoemulsi juga tidak toksik, dan tidak mengiritasi, oleh karena itu dapat diaplikasikan dengan mudah melalui membran mukosa.




Nanoemulsi juga dapat meningkatkan absorpsi, meningkatkan penetrasi obat, membantu mensolubilisasikan zat aktif yang bersifat hidrofobik, serta memiliki efisiensi dan (Devarajan Ravichandran, 2011). Menurut Kim dan Cho, (2013) nanoemulsi dibuat dengan menggunakan pendekatan metode rendah energi dan metode energi tinggi. Prinsip dari penggunaan metode energi tinggi adalah dengan cara membaurkan minyak dengan air sehingga menjadi ukuran droplet minyak yang kecil dan menyebar dalam air dengan bantuan perangkat mekanik. Sedangkan prinsip dari penggunaan metode dengan rendah energi yaitu dengan cara mengontrol batas minyak dan air pada sifat permukaannya.



Bentuk Partikel Nanoemulsi (sumber : Kim dan Cho, (2013))





Pembentukan nanoemulsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara spontan dan tidak spontan tergantung dengan energi yang akan diberikan. Pembentukan secara spontan pada nanoemulsi dapat menggunakan *stirrer* pada proses pencampuran antara minyak dan air (Bouchemal dkk., 2004). Pembentukan nanoemulsi secara tidak spontan lebih memerlukan energi yang tinggi dari luar seperti menggunakan homogenizer, sonikasi dan mikrofluidasi (Patel, 2013). Prinsip kerja dari homogenizer dalam proses pembentukan nanoemulsi adalah memberikan *shear stress* secara turbulen untuk memecahkan partikel hingga memiliki ukuran 0,1 nm. Homogenizer memiliki prinsip dalam memperkecil ukuran partikel yaitu adanya *shear stress* yang diberikan secara turbulen sehingga dapat memecahkan partikel hingga berukuran 1,0 nm. Untuk proses pembuatan nanoemulsi dengan metode sonikasi memiliki prinsip kerja yaitu dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik sebagai penghasil energi listrik lalu diubah menjadi suatu getaran (Gupta dkk, 2010). Penggunaan metode ultrasonikasi dinilai lebih efektif untuk menghasilkan nanopartikel dalam bentuk emulsi

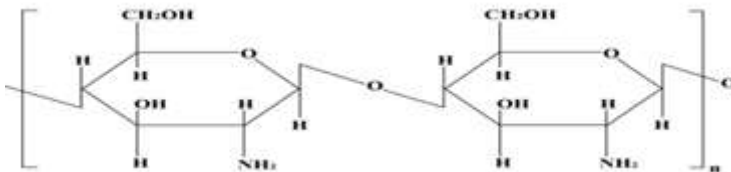


Bab. 7

NANOKITOSAN: INOVASI BERKELANJUTAN

Nano Kitosan menggunakan *ionic gelation method*

Kitosan merupakan salah satu polimer yang bersifat tidak larut dalam air. Polimer ini dapat digunakan dalam pembuatan nanopartikel berbasis kitosan. Menurut penelitian Tiyaboonchai (2003), kitosan memiliki sifat ideal antara lain biocompatible, biodegradable, non toksik, dan tidak mahal (Tiyaboonchai, 2003). Disamping itu, kitosan tergolong sebagai polisakarida dengan urutan kedua yang dapat diperoleh di alam dan termasuk dalam polielektrolit kationik (Wu dkk., 2005). Kitosan (2-amino-2-deoksi-D-glukopiranoza) berasal dari hasil turunan senyawa kitin (N-acetyl-2-amino-2-deoxy-D glucopyranose) yang mengalami deasetilasi pada gugus nitrogennya. Kitin diperoleh dari cangkang *crustacea* seperti kepiting atau udang serta miselium. Kitin dan kitosan merupakan polimer linier (Kusumawati, 2009).




Gambar 2. Struktur Kitosan

Nanopartikel kitosan memiliki polimer kitosan berukuran 100-400 nm (Mohanraj dan Chen, 2006). Menurut Qi &



Xu (2006), nanopartikel kitosan memiliki ukuran 40–100 nm dan permukaannya bermuatan positif yaitu 50 mV. Nanopartikel kitosan difiltrasi dengan bantuan membran berdiameter 0,45 mm dan diotoklaf untuk menghilangkan kontaminan. Nanopartikel bersifat stabil pada kondisi proses pemanasan dengan menggunakan otoklaf. Penelitian Dustgani dkk. (2008) memperoleh nanopartikel kitosan berukuran sekitar 256–350 nm yang diukur dengan menggunakan hamburan sinar laser dinamis (*dynamic laser light scattering*). Diameter hidrodinamis dari partikel yang diukur dengan hamburan sinar memperoleh ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran perkiraan menggunakan mikroskop Hal ini terjadi terutama karena kapasitas pengembangan dari nanopartikel kitosan yang tinggi. Umumnya terdapat empat metode pembuatan nanopartikel kitosan antara lain *ionotropic gelation*, *microemulsion*, *emulsification solvent diffusion* serta *polyelectrolyte complex*. *Ionotropic gelation* atau gelasi ionik adalah metode yang paling sering digunakan dengan alasan proses yang sederhana dan mudah. Metode ini diteliti pertama kali oleh Calvo *et al.* (1997). Mekanisme pembentukan chitosan nanopartikel dengan metode *ionotropic gelation* berdasarkan pada interaksi elektrostatik antara muatan positif gugus amino pada chitosan dengan muatan negatif gugus polyanion sehingga menyebabkan terjadinya ikatan silang (*cross linking*) pada chitosan (Agarwal *et al.*, 2018) . Pembuatan



nanopartikel diawali dengan pelarutan kitosan dalam asam asetat dengan atau tanpa penambahan stabilizing agent yang lalu dilanjutkan dengan penambahan larutan polyanion sambil diaduk hingga homogen.. Chitosan nanopartikel secara spontan dibentuk akibat pengadukan mekanis pada suhu ruang (Tiyaboonchai, 2013).

Gelasi atau proses pembentukan gel merupakan penggabungan atau pengikatan silang rantai-rantai polimer sehingga membentuk jaringan tiga dimensi yang mampu memerangkap air di dalamnya dan membentuk struktur yang kompak, kaku serta tahan terhadap aliran bertekanan (Patel dkk., 2011). Ikatan silang secara fisik terjadi melalui interaksi elektrostatis sebagai alternatif dari ikatan silang secara kimia yang telah diterapkan untuk menghindarkan kemungkinan toksisitas dari pereaksi dan dampak lainnya yang tidak dikehendaki. Prinsip dasar pembentukan nanopartikel kitosan terletak pada interaksi elektrostatis antara grup amina kitosan dan polyanion bermuatan negatif seperti tripolifosfat (TPP).

TPP-kitosan dibuat melalui peneteskan droplet kitosan ke dalam larutan TPP. Pada metode gelasi ionik, kitosan dihomogenkan dengan larutan asam encer untuk menghasilkan kation kitosan. Lalu, larutan ditetesi ke dalam larutan polianionik TPP sambil diaduk. Adanya



kompleksasi antara muatan yang berbeda menyebabkan kitosan mengalami gelasi ionik dan presipitasi sehingga membentuk partikel bulat seperti bola.

Dengan demikian, nanopartikel dapat terbentuk dengan spontan karena pengadukan mekanis pada suhu kamar. Ukuran dan muatan permukaan partikel dapat dimodifikasi dengan membedakan rasio kitosan terhadap bahan penstabil. Penelitian Millotti dan Bernkop-Schnürch (2009) menyatakan penggunaan metode gelasi ionik memiliki keunggulan antara lain partikel dapat terbentuk pada kondisi yang sederhana, ukuran dapat disesuaikan, dan terdapat kapasitas baik untuk berasosiasi dengan obat makromolekul pada komposisi partikel.





Bab. 8

**PERTIMBANGAN ETIS, BERKELANJUTAN, DAN
KEAMANAN DALAM NANOTEKNOLOGI**



Nanoteknologi Dan Etika

Dikarenakan sifat luar biasa dari banyak nanomaterial, manipulasi dan produksi mereka pada skala atom yang hampir mencapai dapat menyebabkan efek samping toksik pada tubuh manusia. Ketidakadaan aturan dan regulasi khusus yang mencakup proses manufaktur, terutama yang melibatkan teknik-teknik baru, menimbulkan kekhawatiran etika yang signifikan. Kesenjangan dalam regulasi ini membuat pekerja, ilmuwan, dan insinyur tidak terlindungi. Oleh karena itu, etika penelitian, pengembangan, dan pendidikan nanoteknologi menjadi krusial dalam mengevaluasi risiko dan manfaat potensial yang terkait dengan penerapan nanomaterial. Kemajuan nanoteknologi juga membawa implikasi yang lebih luas terkait masyarakat, ekonomi, kesehatan, moral, dan manusiawi.

Isu-etika yang berkaitan dengan nanoteknologi mencakup kesehatan dan keselamatan, pertimbangan sosial dan filosofis, dampak lingkungan, aspek pendidikan, pertimbangan biologis, serta berbagai tantangan hukum dan regulasi. Memahami isu-isu ini sangat penting untuk pelatihan dan perlindungan individu yang terlibat dalam nanoteknologi, termasuk mahasiswa, ilmuwan, insinyur, pembuat kebijakan, dan regulator.

Isu Kesehatan



Kesehatan muncul sebagai kekhawatiran etika utama dalam konteks nanoteknologi, melibatkan potensi efek nanomaterial dan nanodevice terhadap keselamatan dan kesejahteraan manusia. Luasnya permukaan dari material-material ini membuatnya mudah diserap oleh tubuh manusia melalui inhalasi, paparan dermal, dan konsumsi. Distribusi primer dan sekunder dari nanotube karbon di berbagai bagian tubuh menyoroti risiko potensial. Partikel nanoputih dapat menembus sel, menyebabkan kematian sel dan kelainan. Pemahaman tentang mekanisme masuk dan transportasi di dalam tubuh masih belum lengkap, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut oleh ilmuwan, dokter, dan insinyur. Debat muncul seputar manfaat jangka panjang dan risiko nanomaterial terhadap kesehatan manusia, mengkategorikan isu kesehatan menjadi efek positif dan negatif. Penting untuk membedakan antara nanomaterial yang aman yang digunakan dalam aplikasi biomedis dan kosmetik dengan yang menimbulkan kekhawatiran kesehatan. Strategi seperti penggunaan nanotube karbon multiwall yang lebih pendek dan menggabungkan nanomaterial ke dalam komposit atau perangkat dapat mengurangi toksisitas dan faktor risiko.

Dengan evolusi cepat nanoteknologi dan implikasi etikanya, pertanyaan-pertanyaan kunci berkisar pada potensi risiko kesehatan dan keselamatan, tanggung jawab dalam kasus insiden, hak individu yang terkena,



dan langkah-langkah untuk melindungi masyarakat dari risiko nanoteknologi. Suatu kerangka kerja strategi nanosafety diusulkan untuk produsen, pengguna, dan lingkungan, dengan menekankan kerjasama internasional dan nasional, kesadaran publik, pengukuran standar, dan database komprehensif .



Isu Lingkungan

Nanopollusi, yang mencakup limbah yang dihasilkan selama pembuatan nanomaterial dan perangkat, menimbulkan kekhawatiran terhadap analisis biaya dan manfaat ekonomi. Isu-isu lingkungan yang terkait dengan proyek-proyek nanoteknologi, seperti proyek Manhattan dan perkembangan di Silicon Valley, menyoroiti resistensi warga setempat karena potensi bahaya kesehatan. Material limbah pada skala nano menimbulkan bahaya unik karena struktur molekular, ukuran, bentuk, energi permukaan, dan reaktivitas. Sepanjang proses manufaktur, pengemasan, transportasi, penyimpanan, dan pembuangan limbah, material pada skala nano dapat mencemari udara, air, tanah, dan pasokan makanan, mempengaruhi baik lingkungan maupun organisme hidup. Partikel-partikel nano, yang tersebar dalam udara untuk jangka waktu yang lama, dapat menembus sel, menyebabkan efek samping yang dikenal dan tidak dikenal [20, 21]. Perspektif siklus hidup dalam penilaian risiko menekankan perlunya studi detail tentang perilaku nanomaterial dalam konteks manusia dan lingkungan untuk meminimalkan isu nanoetika [22]. Mengevaluasi dampak lingkungan, kesehatan, dan ekologi dari nanoproduk memerlukan analisis menyeluruh tentang jenis nanomaterial, teknik pemrosesan, aplikasi, dan tingkat degradasi. Meskipun potensi dampak negatif, material pada skala nano menawarkan manfaat lingkungan, seperti penghilangan efisien partikel dan ion



yang tidak diinginkan dari air minum dan kemajuan dalam produksi energi bersih. Mengaplikasikan nanoetika dalam sistem-sistem ini menjadi penting untuk mencegah bahaya potensial.



Isu Sosial

Proliferasi nanomaterial, produk, dan perangkat di seluruh dunia telah melampaui 1.317, dengan pertumbuhan terus-menerus yang didorong oleh perkembangan pesat dalam nanoteknologi. Dampak sosial nanoteknologi terlihat dalam berbagai aplikasinya, termasuk biodevice, biosensor, implant, peralatan perlindungan, bahan antibakteri, pengiriman obat, dan kosmetik. Aplikasi-aplikasi ini tunduk pada persyaratan yang sama dengan obat baru yang masuk ke pasar [2]. Isu-isu etika terkait dengan skenario tempat kerja yang melibatkan nanoteknologi dan produk-produknya mencakup identifikasi dan komunikasi bahaya dan risiko, paparan pekerja, kontrol tempat kerja, dan pemeriksaan medis pekerja nanoteknologi. Skenario-skenario ini melibatkan prinsip-prinsip etika seperti non-malefikasi, otonomi, penghormatan terhadap manusia, dan keadilan.

Risiko-risiko sosial yang terkait dengan nanoteknologi telah meningkat dengan cepat, memerlukan pemahaman yang jelas tentang isu-isu sosial dan etika. Ilmuwan sosial dan pekerja organisasi menekankan pentingnya partisipasi publik dalam keputusan yang terkait dengan nanoteknologi dan produk-produknya untuk memastikan hasil yang adil dan dapat diandalkan. Dengan peningkatan signifikan dalam paten yang terkait dengan nano, ketiadaan aturan dan regulasi yang jelas untuk manufaktur dan pemasaran menimbulkan



ketidakpastian dan risiko potensial bagi ilmuwan, insinyur, mahasiswa, teknisi, dan pekerja. Pemerintah, lembaga akademis, dan entitas industri harus secara kolaboratif membentuk regulasi baru untuk memastikan keamanan semua peserta.



Isu Pendidikan

Meskipun nanoteknologi telah memberikan manfaat luar biasa bagi kehidupan dan lingkungan manusia, kemajuan pendidikan tidak sejalan dengan perkembangan teknologi. Pendidikan teknis dan pelatihan dalam nanoteknologi harus dilengkapi dengan fokus paralel pada implikasi-etika dan masyarakat. Pelatihan lintas disiplin dan multidisiplin tentang nanoteknologi dan etika untuk individu di berbagai disiplin menjadi penting. Memperkenalkan mata kuliah baru, seminar, konferensi, dan diskusi undangan dalam nanoteknologi dan etika, diajarkan oleh profesor dari berbagai departemen, menjadi suatu keharusan. Pendidikan wajib tentang nanoteknologi dan etika bagi mahasiswa yang memasuki bidang ini penting untuk mengembangkan praktik nanoteknologi yang lebih aman dan bertanggung jawab secara etika [2]. Media, televisi, berita online, dan situs web dapat berperan dalam menyebarkan pengetahuan dan memberi informasi kepada mahasiswa, peserta, dan masyarakat tentang perkembangan di bidang ini. Badan pemerintah dan perusahaan swasta harus memberikan dukungan finansial dan berpartisipasi secara aktif dalam mengatasi isu-isu pendidikan dan etika yang terkait dengan nanoteknologi dan produk-produknya .



Isu Biologis

Bioteknologi dan bioetika memainkan peran penting dalam mengatasi tantangan etika yang timbul dari penelitian dan pengembangan nanoteknologi dan nanobat. Pengembangan dan penggunaan cepat nanomaterial untuk nanobat dan perangkat baru dalam mengobati penyakit mematikan membawa manfaat dan potensi efek samping yang berbahaya. Pertimbangan bioetika, yang mencakup kerahasiaan, keberkahan, keadilan, dan otonomi, menjadi esensial dalam mengevaluasi implikasi etika nanomaterial dalam bidang medis. Isu-isu dan regulasi bioetika harus mengatasi kekhawatiran terkait penggunaan nanomaterial dalam nanobat dan perangkat, memastikan kesejahteraan pasien.



Isu Lainnya

Persilangan nanoteknologi dan etika melibatkan berbagai isu hukum, keamanan, regulasi, aktivitas personal, teknokultural, moral, dan transformasional. Bidang nanoteknologi yang terus berkembang memerlukan aturan dan regulasi baru untuk mengatasi tantangan hukum dan regulasi yang terkait dengan nanodevice dan produk nanoteknologi. Badan pemerintah seperti EPA, FDA, NSF, dan NIH akan memerlukan pendekatan regulasi yang berbeda untuk meningkatkan praktik dan penggunaan nanoproduk secara aman. Tantangan terkait dengan isu-isu hukum dan regulasi eksternal akan terus ada seiring perkembangan nanoteknologi. Jumlah yang semakin banyak dari nanodevice dan produk, tercermin dalam peningkatan paten, memerlukan aturan dan regulasi yang jelas untuk memastikan keselamatan




Bab. 9

**PERSPEKTIF SINERGIS NANOTEKNOLOGI DALAM
TEKNOLOGI PANGAN**



Nanoteknologi telah menarik perhatian di berbagai sektor, dengan aplikasinya dalam bidang pangan dan pertanian yang relatif baru dibandingkan dengan kedokteran dan farmasi. Nanoteknologi memiliki potensi untuk merevolusi industri agripangan dengan meningkatkan produksi pangan global, nilai gizi, kualitas, dan keamanan. Nanoteknologi siap memengaruhi aspek kritis dari manufaktur pangan, termasuk pengawetan dan penciptaan produk pangan baru. Nanomaterial, khususnya nanopartikel, telah terbukti meningkatkan keamanan pangan dengan meningkatkan efisiensi kemasan, memperpanjang masa simpan, dan meningkatkan nilai gizi tanpa mengubah rasa atau atribut fisik makanan. Namun, tantangan muncul dalam pengembangan sistem pengiriman nano yang ekonomis dan tidak beracun serta formulasi yang aman untuk dikonsumsi manusia. Kebutuhan akan strategi yang ramah lingkungan dan dapat berkompatibilitas biologis, seperti teknik lapis-demi-lapis, telah menjadi jelas.



Keprihatinan keselamatan seputar nanomaterial telah menyebabkan permintaan yang meningkat untuk penelitian komprehensif tentang biokompatibilitas, keselamatan, dan potensi toksisitasnya di sektor pangan. Meskipun ada risiko, nanoteknologi berjanji untuk memberikan dampak positif dalam ilmu pangan dengan memperkenalkan inovasi dalam tekstur, rasa, proses, dan stabilitas masa simpan. Pengembangan dan aplikasi konstruksi pada skala nano memberikan peluang untuk meningkatkan pengiriman dan biodisponibilitas nutrisi bioaktif. Namun, tantangan masih ada dalam mengatasi risiko kesehatan, termasuk bioakumulasi nanomaterial dan perilaku yang tidak dapat diprediksi dari waktu ke waktu. Pendidikan publik tentang keselamatan dan dampak lingkungan nanoteknologi tetap sangat penting. Secara keseluruhan, manfaat potensial nanoteknologi dalam industri pangan sangat besar, tetapi harus seimbang dengan evaluasi risiko menyeluruh dan langkah-langkah keselamatan untuk memastikan penerapannya yang bertanggung jawab.



Daftar Pustaka

- [FAO/WHO] Food and Agriculture Organization of the United States/World Health Organization. (2010). FAO/WHO expert meeting on the application of nanotechnologies in the food and agriculture sectors: potential food safety implications. Meeting Report. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241563932>
- Ariningsih, E. (2016). Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan di Indonesia. In Forum Penelitian Agro Ekonomi (Vol. 34, No. 1, pp. 1-20).
<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/fae/article/view/7308/7358>
- Chang, P., Xu, G., Chen, Y., & Liu, Y. (2022). Experimental evaluation of the surfactant adsorptions performance on coal particles with different properties. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 648, 129408.
- Coulibaly, G. N., Bae, S., Kim, J., Assadi, A. A., & Hanna, K. (2019). Enhanced removal of antibiotics in hospital wastewater by Fe–ZnO activated persulfate oxidation. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(12), 2193-2201.
<https://doi.org/10.1039/C9EW00611G>



D. Zhang, X. Pan, S. Wang, Y. Zhai, J. Guan, Q. Fu, X. Hao, W. Qi, Y. Wang, H. Lian, X. Liu, Y. Wang, Y. Sun, Z. He, J. Sun, Multifunctional Poly(methyl vinyl ether-comaleic anhydride)-graft-hydroxypropyl- β -cyclodextrin amphiphilic copolymer as an oral high-performance delivery carrier of tacrolimus, *Mol. Pharm.* 12 (2015) 2337–2351,

<https://doi.org/10.1021/acs.molpharmaceut.5b00010>

Deka, C., Aidew, L., Devi, N., Buragohain, A. K., & Kakati, D. K. (2016). Synthesis of Curcumin-Loaded Chitosan Phosphate Nanoparticle and Study of Its Cytotoxicity and Antimicrobial Activity. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 27(16), 1659-1673. <https://doi.org/10.1080/09205063.2016.1226051>

Desnita, R.; Veronika, M.; Wahdaningsih, S. Topical microemulsion's formulation of purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) ethanol extract as antioxidant by using various concentration of Span 80. *Int. J. PharmTech Res.* 2016, 9, 234–239. 57.

Desnita, R.; Wahdaningsih, S.; Hervianti, S. Span 60 as surfactant of topical microemulsion of purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) ethanol extract and antioxidant activity test using DPPH method. *Int. J. PharmTech Res.* 2016, 9, 198–203.

Ferfera-Harrar, H., Berdous, D., & Benhalima, T. (2018). Hydrogel Nanocomposites based on Chitosan-G-Polyacrylamide and Silver Nanoparticles



Synthesized using *Curcuma longa* for Antibacterial Applications. *Polymer Bulletin*, 75(7), 2819-2846.

<https://doi.org/10.1007/s00289-017-2183-z>

Gültekin-Özgülven, M., Karadağ, A., Duman, Ş., Özkal, B., & Özçelik, B. (2016). Fortification of dark chocolate with spray dried black mulberry (*Morus nigra*) waste extract encapsulated in chitosan-coated liposomes and bioaccessability studies. *Food chemistry*, 201, 205-212.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.091>

Hajrin, W., Budastra, W. C. G., Juliantoni, Y., & Subaidah, W. A. (2021). Formulasi dan Karakterisasi Nanopartikel Kitosan Ekstrak Sari Buah Juwet (*Syzygium cumini*) menggunakan metode Gelasi Ionik: Formulation and characterization of Chitosan Nanoparticle of Juwet (*Syzygium cumini*) Fruit Extract Using Ionic Gelation Method. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(5), 742-749.

Hao, X. L., Zhao, J. Z., Song, Y. H., & Huang, Z. F. (2018). Surfactant-Assisted Synthesis of Birnessite-Type MnO₂ Nanoflowers. *Journal of Nano Research*, 53, 1-6. <https://www.scientific.net/JNanoR.53.1>

Jayarambabu, N., Akshaykranth, A., Rao, T. V., Rao, K. V., & Kumar, R. R. (2020). Green Synthesis of Cu Nanoparticles using *Curcuma longa* Extract and Their Application in Antimicrobial Activity. *Materials Letters*, 259, 126813.

<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.126813>



Jigyasa & Rajput, J. K. (2018). Bio-polyphenols Promoted Green Synthesis of Silver Nanoparticles for Facile and Ultra-Sensitive Colorimetric Detection of Melamine in Milk. *Biosensors and Bioelectronics*, 120, 153-159. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.08.054>

Karimi, N., Ghanbarzadeh, B., Hajibonabi, F., Hojabri, Z., Ganbarov, K., Kafil, H. S., ... & Moaddab, S. R. (2019). Turmeric Extract Loaded Nanoliposome as A Potential Antioxidant and Antimicrobial Nanocarrier for Food Applications. *Food Bioscience*, 29, 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.04.006>

Kasaai, M. R. (2018). Zein and zein-based nano-materials for food and nutrition applications: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 79, 184-197. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.015>

Khalil, I., Yehye, W. A., Etxeberria, A. E., Alhadi, A. A., Dezfooli, S. M., Julkapli, N. B. M., ... & Seyfoddin, A. (2019). Nanoantioxidants: Recent trends in antioxidant delivery applications. *Antioxidants*, 9(1), 24. <https://www.mdpi.com/2076-3921/9/1/24/htm>

Lakshmeesha, T. R., Kalagatur, N. K., Mudili, V., Mohan, C. D., Rangappa, S., Prasad, B. D., ... & Niranjana, S. R. (2019). Biofabrication of Zinc Oxide Nanoparticles with *Syzygium aromaticum* Flower Buds Extract and Finding Its Novel Application in Controlling The Growth and Mycotoxins of *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Microbiology*, 1244.



<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2019.01244/full>

Leja, K. B., & Czaczyk, K. (2016). The Industrial Potential of Herbs and Spices? A Mini Review. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 15(4), 353-365.

https://www.food.actapol.net/pub/1_4_2016.pdf

Leonard, K., Ahmmad, B., Okamura, H., & Kurawaki, J. (2011). In Situ Green Synthesis of Biocompatible Ginseng Capped Gold Nanoparticles with Remarkable Stability. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 82(2), 391-396. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.09.020>

Lin, P., Moore, D., & Allhoff, F. (2009). *What is nanotechnology and why does it matter?: from science to ethics*. John Wiley & Sons.

https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=DIkt1w4LuvkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=What+Is+Nanotechnology+and+Why+Does+It+Matter%3F&ots=7qplMQU9o4&sig=50XfxYAUdC0PwMExfLBI-KaBsQ&redir_esc=y#v=onepage&q=What%20Is%20Nanotechnology%20and%20Why%20Does%20It%20Matter%3F&f=false

Mattarozzi, M., Suman, M., Cascio, C., Calestani, D., Weigel, S., Undas, A., & Peters, R. (2017). Analytical approaches for the characterization and quantification of nanoparticles in food and beverages. *Analytical and*



bioanalytical chemistry, 409(1), 63-80.

<https://doi.org/10.1007/s00216-016-9946-5>

Menon, S., KS, S. D., Agarwal, H., & Shanmugam, V. K. (2019). Efficacy of Biogenic Selenium Nanoparticles from An Extract of Ginger towards Evaluation on Anti-Microbial and Anti-Oxidant Activities. *Colloid and Interface Science Communications*, 29, 1-8.

<https://doi.org/10.1016/j.colcom.2018.12.004>

Mohapatra, B., Kumar, D., Sharma, N., & Mohapatra, S. (2019). Morphological, Plasmonic and Enhanced Antibacterial Properties of Ag Nanoparticles Prepared using *Zingiber officinale* Extract. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 126, 257-266.

<https://doi.org/10.1016/j.jpics.2018.11.020>

Muhammad, D. R. A., Saputro, A. D., Rottiers, H., Van de Walle, D., & Dewettinck, K. (2018). Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Chocolates Enriched with Engineered Cinnamon Nanoparticles. *European Food Research and Technology*, 244(7), 1185-1202.

<https://doi.org/10.1007/s00217-018-3035-2>

Nano.gov. About the NNI. Diakses pada 10 Februari 22, dari <https://www.nano.gov/about-nni>

Naseer, B., Srivastava, G., Qadri, O. S., Faridi, S. A., Islam, R. U., & Younis, K. (2018). Importance and health hazards of nanoparticles used in the food



industry. *Nanotechnology Reviews*, 7(6), 623-641.
<https://doi.org/10.1515/ntrev-2018-0076>

No, D. S., Algburi, A., Huynh, P., Moret, A., Ringard, M., Comito, N., ... & Chikindas, M. L. (2017). Antimicrobial Efficacy of Curcumin Nanoparticles against *Listeria monocytogenes* is Mediated by Surface Charge. *Journal of Food Safety*, 37(4), e12353.
<https://doi.org/10.1111/jfs.12353>

NP, B. H. & Budiman, A. (2017). Review Artikel: Penggunaan Teknologi Nano pada Formulasi Obat Herbal. *Farmaka*, 15(2), 29-41.
https://web.archive.org/web/20180519201736id_/http://jurnal.unpad.ac.id/farmaka/article/viewFile/12947/pdf

Parveen, K., Banse, V., & Ledwani, L. (2016, April). Green Synthesis of Nanoparticles: Their Advantages and Disadvantages. In *AIP conference proceedings* (Vol. 1724, No. 1, p. 020048). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/1.4945168>

Peter, K. V., & Shylaja, M. R. (2012). Introduction to Herbs And Spices: Definitions, Trade and Applications. In *Handbook of herbs and spices* (pp. 1-24). Woodhead Publishing.
<https://doi.org/10.1533/9780857095671.1>

Pradhan, S., Hedberg, J., Blomberg, E., Wold, S., & Odnevall Wallinder, I. (2016). Effect of Sonication on Particle Dispersion, Administered Dose and Metal



Release of Non-Functionalized, Non-Inert Metal Nanoparticles. *Journal of Nanoparticle research*, 18(9), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11051-016-3597-5>

Premkumar, J., Sudhakar, T., Dhakal, A., Shrestha, J. B., Krishnakumar, S., & Balashanmugam, P. (2018). Synthesis of Silver Nanoparticles (AgNPs) from Cinnamon against Bacterial Pathogens. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 15, 311-316. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.06.005>

Rahman, U., Sahar, A., Ishaq, A., & Khalil, A. A. (2020). Design of Nanoparticles for Future Beverage Industry. In *Nanoengineering in the Beverage Industry* (pp. 105-136). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816677-2.00004-1>

Rajesh, K. M., Ajitha, B., Reddy, Y. A. K., Suneetha, Y., & Reddy, P. S. (2018). Assisted Green Synthesis of Copper Nanoparticles using *Syzygium aromaticum* Bud Extract: Physical, Optical and Antimicrobial Properties. *Optik*, 154, 593-600. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.10.074>

Rashidi, L., & Khosravi-Darani, K. (2011). The Applications of Nanotechnology in Food Industry. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(8), 723-730. <https://doi.org/10.1080/10408391003785417>



Ravindran, P. N. (2017). *The Encyclopedia of Herbs and Spices*. CABI.

https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=6pJNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=herbs+and+spices&ots=La6WXlw1nR&sig=mLhcTMv1ndRVKEZN0r9ZlwcExgE&redir_esc=y#v=onepage&q=herbs%20and%20spices&f=false

Ríos-Corripio, M. A., López-Díaz, A. S., Ramírez-Corona, N., López-Malo, A., & Palou, E. (2020). Metallic nanoparticles: development, applications, and future trends for alcoholic and nonalcoholic beverages. In *Nanoengineering in the Beverage Industry* (pp. 263-300). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816677-2.00009-0>

Rohman, F., Al Muhdhar, M. H. I., Tamalene, M. N., Nadra, W. S., & Putra, W. E. (2021). The Ethnobotanical Perspective of Indigenous Herbs and Spices of Tabaru Ethnic Group in Halmahera Island, Indonesia. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 20(7), 17012-17024. <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/208907>

Savitskaya, T., Kimlenka, I., Lu, Y., Hrynshpan, D., Sarkisov, V., Yu, J., ... & Wang, L. (2021). *Green Chemistry: Process Technology and Sustainable Development*. Springer Nature. <https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=WQE5>



[EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Green+Chemistry+Process+Technology+and+Sustainable+Development&ts=pO Ztb aRf&sig=08oM6l1zfBJC4yN7Ed F AqK-Wc&redir_esc=y#v=onepage&q=Green%20Chemistry%20Process%20Technology%20and%20Sustainable%20Development&f=false](https://www.researchgate.net/publication/321111111)

Theivasanthi, T., & Alagar, M. (2013). Titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles XRD analyses: an insight. *arXiv preprint arXiv:1307.1091*.

<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1307/1307.1091.pdf>

US Environmental Protection Agency. (2007). Nanotechnology White Paper. Diakses pada 11 Februari 2022, dari

https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-01/documents/nanotechnology_whitepaper.pdf

Velmurugan, P., Anbalagan, K., Manosathyadevan, M., Lee, K. J., Cho, M., Lee, S. M., ... & Oh, B. T. (2014). Green Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles using *Zingiber officinale* Root Extract and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles against Food Pathogens. *Bioprocess and biosystems engineering*, 37(10), 1935-1943.

<https://doi.org/10.1007/s00449-014-1169-6>

Vijaya, J. J., Jayaprakash, N., Kombaiah, K., Kaviyarasu, K., Kennedy, L. J., Ramalingam, R. J., ... & Maaza, M. (2017). Bioreduction Potentials of Dried Root of *Zingiber officinale* for A Simple Green



Synthesis of Silver Nanoparticles: Antibacterial Studies. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 177, 62-68.

<https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.10.007>

Vijayakumar, G., Kesavan, H., Kannan, A., Arulanandam, D., Kim, J. H., Kim, K. J., ... & Rangarajulu, S. K. (2021). Phytosynthesis of Copper Nanoparticles using Extracts of Spices and Their Antibacterial Properties. *Processes*, 9(8), 1341.

<https://www.mdpi.com/2227-9717/9/8/1341/htm>

Zhang, L., Liu, A., Wang, W., Ye, R., Liu, Y., Xiao, J., & Wang, K. (2017). Characterisation of Microemulsion Nanofilms based on Tilapia Fish Skin Gelatine and ZnO Nanoparticles incorporated with Ginger Essential Oil: Meat Packaging Application. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(7), 1670-1679.

<https://doi.org/10.1111/ijfs.13441>

Zulfa, E., & Puspitasari, A. D. (2019). Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Daun Sawo (Manilkara zapota L.)

Nanoteknologi telah memberikan peluang yang menarik dalam pemanfaatan buah parijoto (*Medinilla speciosa*) untuk pengembangan produk fungsional dalam industri pangan dan kesehatan. Beberapa potensi pemanfaatan nanoteknologi pada buah parijoto

