

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat menyebabkan semakin banyaknya jenis teknologi yang diciptakan dan dikembangkan dengan tujuan tertentu yang lebih baik. Menurut Yanuar dan Widawati (2014), perkembangan dari pengetahuan dan kemampuan penggunaan teknologi yang baru sangat penting digunakan dalam hal seperti persaingan dalam industri dan perdagangan global. Sebagai solusi, diperlukan teknik yang dapat diterapkan untuk berbagai proses dan biaya yang rendah (de la Calle *et al.*, 2018). Teknologi yang sedang berkembang saat ini salah satunya adalah nanoteknologi. Nanoteknologi merupakan teknologi yang menggunakan dasar pengukuran dalam satuan nanometer atau 10^{-9} meter (Ariningsih, 2016). Nanoteknologi dapat membentuk suatu bahan baru dalam ukuran yang cenderung kecil. Nanoteknologi dapat digunakan di berbagai sektor seperti bidang pertanian, kesehatan, dan kosmetik (Yanuar & Widawati, 2014).

Negara Amerika Serikat memiliki lembaga yang bernama *National Nanotechnology Initiative* (NNI). Menurut *website* resmi dari NNI, lembaga tersebut memiliki tujuan khusus dalam melakukan riset atau penelitian dan pengembangan terhadap nanoteknologi. Organisasi tingkat dunia seperti *World Health Organization* (WHO) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO) (2009) telah mengakui bahwa nanoteknologi sangat berpotensi dalam mengembangkan produk pertanian maupun produk pangan dari sisi pengolahan dan pengemasannya dan bahkan bisa memberi nilai tambah dalam produk tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa nanoteknologi sangat menunjukkan potensinya jika diterapkan di bidang pangan.

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati dan olahan tanaman yang berbeda, baik di Bali, Jawa, Kalimantan, dan wilayah lainnya. Dari seluruh jenis tanaman yang ada di Indonesia, 30.000 spesies di antaranya diidentifikasi sebagai tanaman obat dan dari 30.000 spesies tanaman obat, 6.000 spesies memiliki

berbagai aktivitas biologis (Widyowati & Agil, 2018). Masyarakat di Indonesia menggunakan berbagai jenis bumbu dan rempah atau *herbs and spices* sebagai bahan pangan, yang penggunaannya dapat semakin meningkat dari waktu ke waktu. Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan dan manfaat penting dari tanaman obat menjadi salah satu alasan meningkatnya kebutuhan akan bumbu dan rempah-rempah baik dalam bentuk kering maupun basah. Cara pemanfaatannya pun beragam, seperti untuk bahan baku minuman jamu (Rohman *et al.*, 2020).

Penelitian mengenai teknologi nano sudah mulai dilakukan. Penelitian yang dilakukan Alsammarraie *et al.* (2018) menunjukkan bahwa nanopartikel dapat disintesis menggunakan logam perak dalam bentuk AgNO_3 dan rempah kunyit. Dari hasil sintesis tersebut, nanopartikel memiliki aktivitas antibakteri terhadap *L. Monocytogenes* dan *E. coli*. Penelitian oleh Premkumar *et al.* (2018) membuktikan bahwa sintesis nanopartikel perak dengan ekstrak kayu manis memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) maupun negatif (*Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa*). Penelitian yang dilakukan oleh Taba *et al.* (2019) menunjukkan bahwa nanopartikel yang disintesis dengan ekstrak daun salam dan logam perak memiliki potensi aktivitas antioksidan. Aplikasi dari nanoteknologi terhadap industri pangan juga sudah dilakukan, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan Muhammad *et al.* (2018). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel dapat disintesis dengan menggunakan polisakarida *xanthan gum* dan rempah kayu manis. Hasil sintesis nanopartikel yang didapatkan memiliki sifat antioksidan dan dapat diterapkan dalam produk cokelat batang.

Dalam sistem pangan dan pertanian, nanoteknologi dapat meningkatkan ketahanan pangan, kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi, rasa produk, kandungan nutrisi produk, proses pengiriman nutrisi dalam tubuh, deteksi patogen, fungsionalitas makanan, perlindungan lingkungan, dan efektivitas biaya pada penyimpanan maupun distribusi (Rashidi & Khosravi-Darani, 2011). Namun, nanoteknologi masih menimbulkan berbagai isu dan hal-hal terkait yang

membutuhkan penelitian yang lebih lanjut. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut bila hendak diterapkan di bidang tertentu, salah satunya di bidang pangan (Ariningsih, 2016). *Literature review* ini akan membahas penggunaan nanoteknologi berbasis *herbs and spices* dan aplikasinya dalam industri pangan.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Nanoteknologi

1.2.1.1. Definisi Nanoteknologi

Nanoteknologi adalah teknologi yang memiliki ukuran dalam satuan nanometer. Nanometer merupakan satuan panjang yang bila dikonversikan ke ukuran meter menjadi sepemiliar meter atau 10^{-9} m (Ariningsih, 2016). 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).

1.2.1.2. Sejarah Nanoteknologi

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 merencanakan material pada tingkat nanometer. Penemuan baru pada

skala nano dimulai dengan *Buckminsterfullerene* (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).

1.2.1.3. Manfaat Nanoteknologi

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). Secara alami, terdapat kandungan dalam bahan pangan yang berukuran nano. Beberapa jenis protein tersedia dengan ukuran dalam kisaran nanometer. Selain itu, beberapa jenis polisakarida dalam makanan memiliki jari-jari hidrodinamik dengan ukuran mulai dari beberapa nanometer hingga mikrometer. Diameter partikel misel kasein dalam susu juga memiliki ukuran dalam skala nano, yaitu sebesar 200 nm. Sifat bahan makanan dengan skala nano ini berperan dalam mengembangkan berbagai struktur nano yang memiliki aplikasi makanan yang luas dan menjadi dasar-dasar dalam pembuatan struktur nano untuk aplikasi industri (ur Rahman et al., 2020).

1.2.2. Nanopartikel

1.2.2.1. Logam

1.2.2.1.1. Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas merupakan nanopartikel yang banyak dipelajari karena memiliki aktivitas terapeutik yang unik, bersifat inert, dan tidak beracun. Oleh karena itu, nanopartikel emas sering dipakai di berbagai bidang aplikasi termasuk sektor farmakologis dan bidang biomedis. Nanopartikel emas dapat diperoleh dari prosedur sintesis sebagai antioksidan yang efektif. Namun, untuk mencapai lebih

banyak keuntungan dalam aktivitas antioksidan/antiradikal, AuNPs diimobilisasi pada senyawa alami atau difungsikan dengan antioksidan alami, serta senyawa sintetis lainnya (Khalil *et al.*, 2020).

1.2.2.1.2. Nanopartikel Perak

Nanopartikel perak memiliki aplikasi yang banyak dalam bidang keilmuan seperti bidang kedokteran karena fitur-fiturnya yang beragam, salah satunya sebagai antioksidan (Khalil *et al.*, 2020). Nanopartikel perak dapat disintesis dengan berbagai pendekatan, dan yang paling umum digunakan yaitu reduksi kimia. Namun dalam prosesnya, bahan kimia yang bertindak sebagai reduktor dan stabilisator dapat bersifat sebagai racun atau bersifat toksik. *Green synthesis* nanopartikel menggunakan bakteri, jamur, ragi, ganggang, atau tanaman dapat menggantikan bahan kimia tersebut. Ekstrak dari organisme hidup dapat bertindak sebagai agen pereduksi dan penstabil (Yang *et al.*, 2017).

1.2.2.1.3. Nanopartikel Tembaga

Nanopartikel tembaga biasanya memiliki rasio permukaan terhadap volume yang tinggi. Nanopartikel tembaga dapat memiliki sifat sebagai agen antibakteri dan antijamur. Sifat antimikroba berasal dari kontak antara membran mikroba dan ion logam yang dilepaskan ke dalam larutan karena nanopartikel mengalami oksidasi secara bertahap dalam larutan dengan ion tembaga dibebaskan dari mereka (Vijayakumar *et al.*, 2021). Logam tembaga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti untuk logam mulia yang konduktif dan mahal seperti emas dan perak dalam proses kimia. Tantangan utama dalam sintesis nanopartikel tembaga adalah untuk menghindari oksidasi selama proses sintesis dan penyimpanan, yang dapat dicegah dengan melakukan sintesis dalam atmosfer inert atau menggunakan alternatif metode sintesis seperti *green synthesis* (Jayarambabu *et al.*, 2019).

1.2.2.1.4. Nanopartikel Seng

Seng oksida (ZnO) merupakan bahan semikonduktor (II–VI), memiliki celah pita lebar $E_g = 3,37$ eV dengan energi ikat eksiton ekstensif 60 meV pada suhu kamar.

Nanopartikel seng oksida sering dipakai dalam penelitian karena bersifat ramah lingkungan dan memiliki potensi di bidang biosensor, antibakteri, antijamur, *nanomedicine*, dan fotokimia. Proses sintesis nanopartikel seng oksida dapat dilakukan dengan metode kimia, fisik, dan juga dengan *green synthesis*. Biofabrikasi nanopartikel yang menggunakan jenis tanaman tertentu sering dipakai sebagai penerapan metode *green synthesis* (Lakshmeesha *et al.*, 2019).

1.2.2.1.5. Nanopartikel Selenium

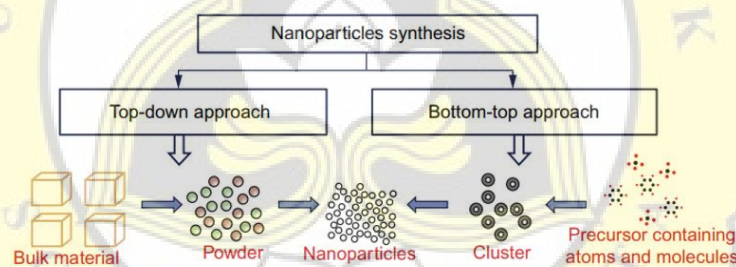
Selenium (Se) merupakan salah satu elemen vital dalam tubuh biologis sebagai agen antioksidan ataupun prooksidatif. Aplikasi biologis logam selenium dapat dilakukan di berbagai bidang, seperti kesehatan, biokimia, genetika, dan biologi molekuler. Dan dari penggunaannya, logam selenium memiliki sifat antioksidan, antiinfeksi, antitumor, penghambat enzim, penginduksi sitokin, dan formulasi imunomodulator (Alghuthaymi *et al.*, 2021). Selenium merupakan salah satu senyawa logam yang dapat digunakan dalam pembuatan nanopartikel. Selenium digunakan dalam proses pembuatan nanopartikel karena dapat mencegah radikal bebas dari kerusakan sel dan jaringan *in vivo*. Dalam penerapannya, nanopartikel selenium menunjukkan biokompatibilitas cenderung baik, toksisitas yang rendah, dan aktivitas antioksidan yang sangat baik (Menon *et al.*, 2019).

1.2.2.2. Nonlogam

Penggunaan dari senyawa nonlogam biasanya untuk enkapsulasi berbagai molekul antioksidan secara efektif dan meningkatkan biokompatibilitas, ketersediaan hayati, dan keamanan hayati. Antioksidan yang bersifat lipofilik dan hidrofilik dapat dimuat ke dalamnya karena struktur amfifiliknya (*liposomal bilayer* dan inti berair). Polimer alami biasa digunakan dalam proses pembuatan nanopartikel, seperti protein, polisakarida, kitosan, dan gum arab. Senyawa-senyawa tersebut biasa dipakai karena memiliki kondisi formulasi yang lebih ringan dalam hal sifat pelarut yang diperlukan untuk melarutkannya, namun memiliki kemurniannya yang tidak konsisten (Khalil *et al.*, 2020).

1.2.3. Sintesis Nanopartikel

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 (ur Rahman *et al.*, 2020). Menurut Devatha dan Thalla (2018), berikut merupakan penjelasan dari pendekatan sintesis nanopartikel bila digambarkan dalam bagan.



Gambar 1. Sintesis Nanopartikel

1.2.3.1. Pendekatan *Top-down*

1.2.3.1.1. Ultrasonikasi

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).

1.2.3.1.2. Homogenisasi

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 (ur Rahman et al., 2020).

1.2.3.2. Pendekatan *Bottom-up*

1.2.3.2.1. Metode *Microwave*

Microwave adalah bentuk radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang mulai dari sepanjang 1 m-1 mm. Definisi dari *microwave* tersebut dapat mencakup frekuensi ultra tinggi dan frekuensi radio. Istilah dari *microwave* semula adalah "frekuensi super tinggi", yang secara bertahap digantikan oleh istilah "gelombang mikro" atau *microwave*. Dalam rentang frekuensi *microwave*, ada empat frekuensi yang dapat digunakan untuk aplikasi industri, yaitu 915, 2.450, 5.800, dan 22.125 MHz. Dalam sebagian besar proses kimia, frekuensi *microwave* yang digunakan adalah frekuensi 2.450 MHz (Savitskaya et al., 2021).

1.2.3.2.2. *Green Synthesis*

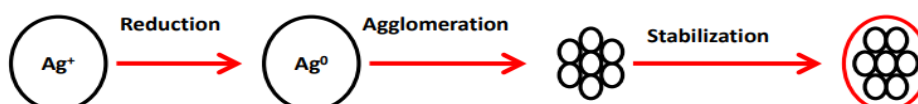
Green synthesis adalah metode sintesis nanopartikel atau nanomaterial menggunakan prinsip biologis yang melibatkan mikroorganisme, tanaman, dan virus atau produk sampingannya seperti protein dan lipid, dengan bantuan alat tertentu. Nanopartikel yang dibuat dengan *green synthesis* memiliki keuntungan dibandingkan sintesis nanopartikel secara fisik dan kimia dalam berbagai aspek, di antaranya yaitu tidak menggunakan bahan kimia selama proses, memerlukan lebih sedikit energi, dan menghasilkan produk dan produk sampingan yang ramah

lingkungan (Parveen *et al.*, 2016). Metode kimia dan fisik dapat berbahaya karena bahan kimia yang digunakan beracun, mudah terbakar, dan tidak mudah teruraikan. Oleh karena itu, *green synthesis* dapat menjadi solusi bagi peneliti yang ingin menggunakan senyawa yang tidak beracun, pelarut yang ramah lingkungan, dan bahan terbarukan (Rout *et al.*, 2013). *Green synthesis* termasuk dalam pendekatan *bottom-up*, yang mirip dengan reduksi kimia. Zat pereduksi kimia diganti dengan ekstrak produk alami seperti daun atau buah-buahan untuk sintesis nanopartikel logam atau logam oksida (Hussain *et al.*, 2016). Salah satu prinsip dari *green synthesis* adalah untuk menggantikan pelarut kimia yang memiliki beberapa sifat yang merugikan seperti beracun dan tidak terbarukan menjadi lebih ramah lingkungan dan tidak berbahaya (Rout *et al.*, 2013). Menurut Savitskaya *et al.* (2021), penggunaan bahan yang ramah lingkungan akan menggantikan pelarut kimia dalam melakukan reaksi reduksi.

1.2.4. Mekanisme Sintesis Nanopartikel

1.2.4.1. Sintesis Nanopartikel Logam

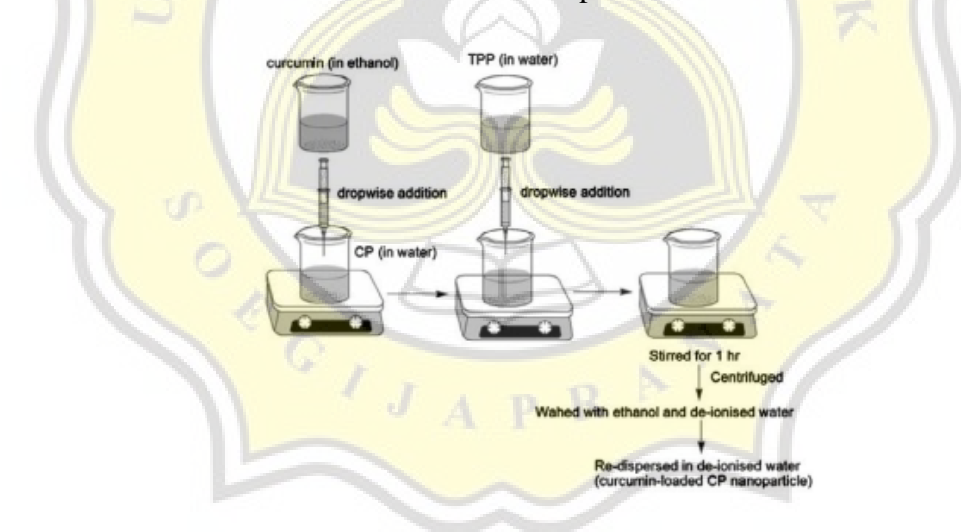
Menurut Srikar *et al.* (2016), nanopartikel logam seperti nanopartikel perak dapat disintesis karena terdapat senyawa yang mampu menyumbangkan elektron untuk mereduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 . Bahan aktif yang dapat mereduksi ion Ag^+ bervariasi, misalnya seperti asam askorbat dari proses dehidrogenasi asam, senyawa karbohidrat, lemak, protein, flavanoid, terpenoid, dan alkaloid. Enzim oksidoreduktase seluler dan ekstraseluler mikroba juga dapat berperan proses reduksi. Diagram skematik proses reduksi ion perak, aglomerasi, dan stabilisasi dalam proses pembentukan partikel berukuran nano ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Diagram Skematik Proses Pembentukan Nanopartikel Logam Perak

1.2.4.2. Sintesis Nanopartikel Nonlogam

Menurut Deka *et al.* (2016), Gambar 3 merupakan gambar dari proses sintesis nanopartikel dengan kurkumin dan kitosan sebagai senyawa nonlogam. Dari gambar tersebut diketahui bahwa dalam sintesis nanopartikel yang mengandung kurkumin dibutuhkan *sodium tripolyphosphate pentabasic* (TPP) terhadap kitosan yang berikatan dengan fosfat dibuat dalam rasio optimal 1:6 (larutan kitosan fosfat sebanyak 2,0 mg/mL dan TPP sebanyak 0,8 mg/mL disiapkan secara terpisah dalam air deionisasi). Larutan kurkumin dalam etanol dengan kisaran konsentrasi 0,5-2,0 mg/mL ditambahkan ke larutan kitosan fosfat dan diikuti dengan penambahan larutan TPP secara perlahan pada suhu kamar. Campuran diaduk selama 1 jam pada suhu kamar dan dilanjutkan dengan pengadukan pada suhu tinggi untuk menguapkan etanol. Suspensi disentrifugasi, dicuci dua kali dengan etanol, dicuci kembali menggunakan air deionisasi, dan didispersikan kembali dalam 100 mL air deionisasi dalam proses sonikasi.



Gambar 3. Proses Pembentukan Nanopartikel Kitosan Fosfat dengan Senyawa Kurkumin

1.2.5. Herbs dan Spices

Herbs dan *spices* merupakan dua hal yang berbeda. Menurut Peter dan Shylaja (2012), definisi dari *herbs* dan *spices* adalah sebagai berikut:

- *Herbs* atau herba adalah daun kering dari tanaman aromatik yang digunakan untuk memberikan rasa dan bau pada makanan. Daun yang termasuk dalam kelompok *herbs* umumnya dijual secara terpisah dari batang dan tangkai daunnya.
- *Spices* atau rempah-rempah adalah bagian kering dari tanaman aromatik selain bagian daun. Definisi dari *spices* ini sangat luas dan mencakup hampir semua bagian tumbuhan.

Menurut Ravindran (2017), *herbs* dan *spices* dapat didefinisikan secara beragam. *Herbs* adalah tanaman memiliki umur yang pendek dan mati pada akhir musim tanam atau tanaman tidak berkayu yang merupakan tanaman tahunan, dua tahunan, atau dapat hidup sampai bertahun-tahun. Tanaman yang tergolong dalam tanaman herba merupakan tanaman yang dapat digunakan untuk penyedap dan obat-obatan untuk berbagai penyakit. Istilah *spices* awalnya berasal dari bahasa Latin '*spesies aromatacea*', yang berarti buah-buahan dari bumi dan kemudian disingkat menjadi '*spesies*', yang berarti komoditas dengan nilai atau perbedaan khusus. *Herbs* yang digunakan sebagai penyedap sering diklasifikasikan sebagai rempah-rempah atau *spices*.

Herbs dan *spices* merupakan sumber antioksidan karena mengandung lignan, *sulfides*, flavonoid, terpenoid, polifenol, kumarin, saponin, karotenoid, sterol, ftalat, dan kurkumin. Antioksidan yang paling efektif yang ditemukan dalam *herbs* dan *spices* adalah zat fenolik. Antioksidan tersebut dapat menghambat atau menunda terjadinya oksidasi. Biasanya, *herbs* dan *spices* diolah terlebih dahulu menjadi bumbu halus, ekstrak, emulsi, atau dalam bentuk enkapsulasi. (Leja & Czaczyk, 2016).

1.3. Identifikasi Masalah

Dari pendalaman topik melalui jurnal-jurnal penelitian yang dilakukan, masalah yang ditemukan adalah:

- Metode apa sajakah yang dapat dipakai dalam sintesis nanopartikel berbasis *herbs and spices*?
- Bagaimanakah keamanan nanopartikel berbasis *herbs and spices* dalam industri pangan?
- Bagaimanakah peluang penerapan nanopartikel berbasis *herbs and spices* dalam industri pangan?

1.4. Tujuan

Tujuan dari *literature review* ini adalah untuk analisis metode sintesis nanopartikel berbasis *herbs and spices*, tingkat keamanan untuk nanopartikel berbasis *herbs and spices* dalam industri pangan, serta penerapan nanopartikel berbasis *herbs and spices* dalam industri pangan.

