

3. HASIL PENGAMATAN

Tabel 6. Pemetaan Metode Sintesis Nanopartikel Logam Berbasis *Herbs and Spices*

| No. | Metode Sintesis | Logam | Jenis <i>Herbs & Spices</i> | Pelarut | Perlakuan Suhu | Perlakuan Waktu | Karakterisasi Ukuran Nanopartikel | Ukuran Nanopartikel | Referensi |
|-----|-------------------------------------|--------------------------|--|---------|----------------|-----------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | <i>Green synthesis</i> (Pengadukan) | Perak (Ag) | <ul style="list-style-type: none"> Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | - | Suhu ruang | 3 jam | TEM | 20-50 nm | (Kurian <i>et al.</i> , 2016) |
| 2 | <i>Green synthesis</i> (Pengadukan) | Perak (Ag) | Daun Salam (<i>Syzygium polyanthum</i>) | - | Suhu ruang | 15 menit | PSA | 45,7 nm | (Taba <i>et al.</i> , 2019) |
| 3 | <i>Green synthesis</i> (Pengadukan) | Perak (Ag) | Cengkeh (<i>Syzygium aromaticum</i>) | - | 30°C | 15 menit | <ul style="list-style-type: none"> FESEM TEM | 20 nm (FESEM) dan 15 nm (TEM) | (Rajesh <i>et al.</i> , 2018) |
| 4 | <i>Green synthesis</i> (Pengadukan) | Perak (Ag) | <ul style="list-style-type: none"> Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) Jintan Hitam (<i>Nigella sativa</i> L.) | - | 85°C | 60 menit | TEM | 5-40 nm | (Alkathlan <i>et al.</i> , 2020) |
| 5 | <i>Green synthesis</i> (Pengadukan) | Perak (Ag) | Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) | - | Suhu ruang | Semalaman | TEM | 5-35 nm | (Alsammarraie <i>et al.</i> , 2018) |
| 6 | <i>Green synthesis</i> (Pengadukan) | Seng (Seng Oksida / ZnO) | Cengkeh (<i>Syzygium aromaticum</i>) | - | 400 ± 10°C | 5-10 menit | TEM | 30-40 nm | (Lakshmeesha <i>et al.</i> , 2019) |
| 7 | <i>Green synthesis</i> | Seng (Seng Oksida / ZnO) | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | - | 400°C | 3 jam | SEM | 23-25 nm | (Janaki <i>et al.</i> , 2015) |

| | | | | | | | | | | |
|----|--|---|---|---------------------|---|------------|----------|--------|--|---------------------------------------|
| | (Pengadukan) | ZnO | | | | | | | | |
| 8 | Green synthesis (Pengadukan) | Tembaga (Tembaga oksida / CuO) | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | (<i>Zingiber</i>) | - | 90°C | 2 jam | HR-TEM | 50 nm | (Ali <i>et al.</i> , 2021) |
| 9 | Green synthesis (Pengadukan) | Selenium (Se) | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | (<i>Zingiber</i>) | - | Suhu ruang | 75 jam | SEM | 100-150 nm | (Menon <i>et al.</i> , 2019) |
| 10 | Green synthesis | Perak (Ag) | Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) | (<i>Curcuma</i>) | - | - | 24 jam | TEM | 5-45 nm | (Ferfera-Harrar <i>et al.</i> , 2018) |
| 11 | Green synthesis | Perak (Ag) | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | (<i>Zingiber</i>) | - | 85°C | 20 menit | TEM | 10 nm | (Yang <i>et al.</i> , 2017) |
| 12 | Green synthesis | Perak (Ag) | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | (<i>Zingiber</i>) | - | 35°C | 24 jam | TEM | 5,28 ± 1,29 nm | (Dinda <i>et al.</i> , 2020) |
| 13 | Green synthesis | <ul style="list-style-type: none"> • Perak (Ag) • Emas (Au) | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | (<i>Zingiber</i>) | - | - | 15 menit | TEM | 10-20 nm | (Velmurugan <i>et al.</i> , 2014) |
| 14 | Green synthesis (Inkubasi di tempat gelap) | Perak (Ag) | <ul style="list-style-type: none"> • Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) • Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) • Lada hitam (<i>Piper nigrum</i>) • Kayu manis (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) | | - | 37°C | 48 jam | FESEM | 50-70 nm | (Premkumar <i>et al.</i> , 2018) |
| 15 | Green Synthesis (Inkubasi di tempat gelap) | Tembaga (Tembaga oksida / CuO) | <ul style="list-style-type: none"> • Pekak (<i>Illicium verum</i>) • Pala (<i>Myristica fragrans</i>) | | - | 37°C | 24 jam | SEM | 210–270 nm (pekak), 170–210 nm (pala), dan | (Vijayakumar <i>et al.</i> , 2021) |

| | | | | | | | | | |
|----|--|--------------|---|---|---|------------|---|-------------------|------------------------------------|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> Mace (Selaput merah pada biji pala) | | | | | 150–220 nm (mace) | |
| 16 | <i>Green synthesis</i> (Iradiasi sinar matahari) | Perak (Ag) | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | - | - | 5-20 menit | FESEM | 17 nm | (Mohapatra <i>et al.</i> , 2018) |
| 17 | Iradiasi <i>microwave</i> | Perak (Ag) | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | - | - | 1 menit | <ul style="list-style-type: none"> XRD HR-TEM | 10 nm | (Vijaya <i>et al.</i> , 2017) |
| 18 | Iradiasi <i>microwave</i> | Tembaga (Cu) | Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) | - | - | 3 menit | HR FESEM | 5-20 nm | (Jayarambabu <i>et al.</i> , 2019) |

Keterangan:

TEM = *Transmission Electron Microscopy*

PSA = *Particle Size Analyzer*

FESEM = *Field Emission Scanning Electron Microscope*

SEM = *Scanning Electron Microscopy*

HR-TEM = *High Resolution Transmission Electron Microscopy*

FESEM = *Field Emission Scanning Electron Microscope*

XRD = *X-ray Diffraction*

HR FESEM = *High Resolution Field Emission Scanning Electron Microscope*

Tabel 6 menjelaskan hasil pemetaan tentang metode sintesis nanopartikel logam berbasis *herbs and spices*. Dan dari hasil pengamatan tersebut diketahui bahwa metode sintesis nanopartikel yang dapat diterapkan yaitu *green synthesis* dan iradiasi *microwave*. Senyawa logam yang digunakan beragam, seperti logam perak, selenium, tembaga, seng, dan emas. Bahan *herbs* dan

spices yang digunakan bervariasi. Beberapa uji menggunakan perlakuan suhu dan perlakuan waktu tertentu. Perlakuan suhu dengan suhu ruang diasumsikan sebesar 27°C. Analisis ukuran nanopartikel yang disintesis juga menggunakan instrumen dan hasil analisis ukuran yang bervariasi. Jenis metode uji karakterisasi yang digunakan juga bermacam-macam untuk tujuan yang spesifik.

Tabel 7. Pemetaan Metode Sintesis Nanopartikel Nonlogam Berbasis *Herbs and Spices*

| No. | Metode Sintesis | Nonlogam | Jenis <i>Herbs & Spices</i> | Pelarut | Perlakuan Suhu | Perlakuan Waktu | Karakterisasi Ukuran Nanopartikel | Ukuran Nanopartikel | Referensi |
|-----|--|----------------------------|---|---|----------------|---|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| 1 | Ultrasonikasi | Kitosan | Daun Salam (<i>Syzygium polyanthum</i>) | Asam asetat | 40°C | 45 menit | PSA | 101,5 nm | (Siagian <i>et al.</i> , 2020) |
| 2 | Ultrasonikasi | - | Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) → Zat kurkumin dari kunyit | <i>Dichloro-methane</i> | - | 20 menit | SEM | 42,64 nm | (Khan <i>et al.</i> , 2021) |
| 3 | Ultrasonikasi | - | Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) → Zat kurkumin dari kunyit | Natrium dodesilsulfat (SDS) | - | 4 menit | SEM | 170,1-210,1 nm | (No <i>et al.</i> , 2017) |
| 4 | <i>High shear homogenization</i> dan ultrasonikasi | <i>Phosphatidylcholine</i> | Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) | Etanol 99% (melarutkan fosfatidilkolin) | 50°C | <ul style="list-style-type: none"> • 15 menit (<i>high shear homogenization</i>) • 10 menit (ultrasonikasi) | SEM | 74-101 nm | (Karimi <i>et al.</i> , 2019) |

Keterangan:

PSA = *Particle Size Analyzer*

SEM = *Scanning Electron Microscopy*

Tabel 7 menjelaskan metode yang dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel nonlogam berbasis *herbs and spices*. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa metode sintesis yang digunakan yaitu ultrasonikasi dan *high shear homogenization* dengan menggunakan senyawa nonlogam ataupun tidak. Jenis *herbs* serta *spices* yang digunakan dalam proses yaitu daun salam (*Syzygium polyanthum*) dan kunyit (*Curcuma longa*). Pelarut yang digunakan dalam tiap proses berbeda dan menggunakan perlakuan suhu dan waktu yang beragam. Ada 2 jenis instrumen yang digunakan dalam analisis ukuran partikel, yaitu PSA dan SEM dengan hasil analisis ukuran yang bervariasi.

Tabel 8. Pemetaan Keamanan Nanopartikel Berbasis *Herbs and Spices*

| No. | Logam | Nonlogam | Jenis <i>Herbs & Spices</i> | Ukuran Nanopartikel | Metode Uji | Konsentrasi Nanopartikel pada Uji Toksisitas | Toksisitas Nanopartikel | Referensi |
|-----|-----------|----------|--|---|-------------------------------------|---|--|-------------------------------------|
| 1 | Emas (Au) | - | Ginseng merah (<i>Panax ginseng</i>) | 2-40 nm (G-AuNP 1) dan 3-40 nm (G-AuNP 2) | <i>Cell Counting Kit</i> | 1, 10, 25, 50, dan 100 μ M. | Nanopartikel tidak bersifat toksik ($P < 0,05$). | (Leonard <i>et al.</i> , 2011) |
| 2 | Emas (Au) | - | Pekak (<i>Illicium verum</i>) | 20-50 nm (SA-AuNP), 5-6 nm (BH-AuNP), dan 10-20 nm (CI-AuNP). | <i>Apotox-Glo triplex assay kit</i> | 10 nM, 20 nM, 40 nM, 80 nM, 100 nM, dan 200 nM. | Nanopartikel emas yang disintesis dengan natrium borohidrat cenderung bersifat lebih toksik daripada nanopartikel emas dengan ekstrak pekak. | (Sathishkumar <i>et al.</i> , 2015) |
| 3 | Emas | - | Jahe | > 20 nm | • <i>MTT Assay</i> | 10, 25, dan 50 μ g/mL. | Nanopartikel aman hingga | (Babu <i>et al.</i> , |

| | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---------|--|--|--|--|--|--|
| | (Au) | | (<i>Zingiber officinale</i>) | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Live/Dead Cell Viability/Cytotoxicity Assay</i> • <i>ROS Assay</i> | | dosis 25 µg/mL . | 2017) |
| 4 | Perak (Ag) | - | Adas manis (<i>Pimpinella anisum</i>) | 3,2-16 nm | <i>Bioreductive fluorometric assay</i> | | 2–50 µg/mL | Terdapat toksisitas sel yang signifikan pada dosis 20, 30, 40, dan 50 µg/mL. (AlSalhi <i>et al.</i> , 2016) |
| 5 | Perak (Ag) dan tembaga (Cu) | - | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | 2,68-42,69 nm (AgNP) dan 11,32-33,70 nm (CuNP) | <i>XTT cell viability assay</i> | | 0, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2,5, dan 5 µg/mL | Tidak ada toksisitas nanopartikel perak dan tembaga yang terdeteksi. (Jahan <i>et al.</i> , 2020) |
| 6 | - | Kitosan | Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) → Zat kurkumin dari kunyit | 53 nm (CPN kosong), 68 nm (CPN dengan kurkumin 0,5 mg/mL), dan 91 nm (CPN dengan kurkumin 1 mg/mL) | <ul style="list-style-type: none"> • Uji kompatibilitas (MIC) terhadap eritrosit mamalia • Uji MIC terhadap PBMCs • Uji <i>murine monocyte-macrophage cell line</i> dengan <i>MTT Assay</i> | | 0,25, 0,5, 0,75, dan 1 mg/mL | Perbedaan dosis kurkumin yang dipakai dalam pembuatan nanopartikel (1 mg/mL dan 0,5 mg/mL) memberikan sedikit perbedaan terhadap tingkat toksisitas. (Deka <i>et al.</i> , 2016) |

Keterangan:

G-AuNP = *Ginseng-Aurum Nanoparticle*

SA-AuNP = *Star Anise- Aurum Nanoparticle*

BH-AuNP = *Borohydrate-Aurum Nanoparticle*

CI-AuNP = *Citrate-Aurum Nanoparticle*

ROS = *Reactive Oxygen Species*

MTT = *3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide*

XTT = *2,3-bis-(2-methoxy-4-nitro-5-sulphophenyl)-2h-tetrazolium-5-carboxanilide*

CPN = *Chitosan Phosphate Nanoparticles*

MIC = *Minimum Inhibitory Concentrations*

Tabel 8 menjelaskan hasil pemetaan tentang keamanan nanopartikel berbasis *herbs and spices*. Dan dari hasil pengamatan tersebut diketahui bahwa bahan *herbs* dan *spices* yang digunakan dan zat logam beserta zat nonlogam yang digunakan bervariasi. Metode uji yang digunakan juga beragam dengan hasil uji nanopartikel yang menunjukkan bahwa nanopartikel hasil sintesis dapat memiliki sifat toksik pada kadar tertentu.

Tabel 9. Pemetaan Potensi Penggunaan Nanoteknologi Berbasis *Herbs and Spices* dalam Industri Pangan

| No. | Produk | Logam | Nonlogam | Jenis <i>Herbs & Spices</i> | Fungsi Nanopartikel | Efek Penerapan | Referensi |
|-----|-------------------|---------------------|--------------------|---|---------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | Cokelat batang | - | <i>Xanthan gum</i> | Kayu manis (<i>Cinnamomum burmannii</i> Blume) | Antioksidan | Penambahan nanopartikel meningkatkan kandungan total fenolik dan aktivitas antioksidan produk cokelat batang. | (Muhammad <i>et al.</i> , 2018) |
| 2 | Susu sapi | Perak (Ag) | - | Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) → Zat kurkumin dari kunyit | Deteksi kandungan melamin | Melamin dapat terdeteksi dari perubahan warna larutan sampel dan berkurangnya unsur perak dalam produk. | (Jigyasa & Rajput, 2018) |
| 3 | Daging segar babi | Seng (Seng Oksida / | - | Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) | Pelapis atau pembungkus | <i>Film</i> dapat menurunkan permeabilitas uap air, Sifat | (Zhang <i>et al.</i> , 2017) |

| | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---------------|---------|---|--|---|---|
| | | ZnO) | | | | dalam bentuk <i>film</i> | antibakteri, menurunkan nilai peroksida secara signifikan, dan mengurangi kandungan TVB-N. |
| 4 | (Tidak ada produk spesifik) | Selenium (Se) | Kitosan | Kayu manis (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) | | <i>Edible coating</i> dari nanokitosan. | <i>Edible coating</i> menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat, terutama untuk bakteri gram positif dibandingkan dengan gram negatif (<i>S. typhimurium</i> < <i>E. coli</i> < <i>S. aureus</i> < <i>L. monocytogenes</i>). (Alghuthaymi <i>et al.</i> , 2021) |

Keterangan:

TVB-N = *Total Volatile Bases Nitrogen*

Tabel 9 menjelaskan hasil pemetaan mengenai potensi penggunaan nanoteknologi berbasis *herbs and spices* dalam industri pangan. Dan dari hasil pengamatan tersebut diketahui bahwa nanoteknologi dengan menggunakan *xanthan gum* memiliki peluang untuk diterapkan untuk antioksidan produk cokelat batang, deteksi melamin pada susu dengan nanopartikel perak (AgNP), nanopartikel seng oksida (ZnO) untuk pelapis daging dalam bentuk *film*, dan sebagai dasar dalam pembuatan *edible coating* dalam bentuk film. Nanopartikel digunakan dengan proses tertentu dan dapat meningkatkan sifat-sifat tertentu.