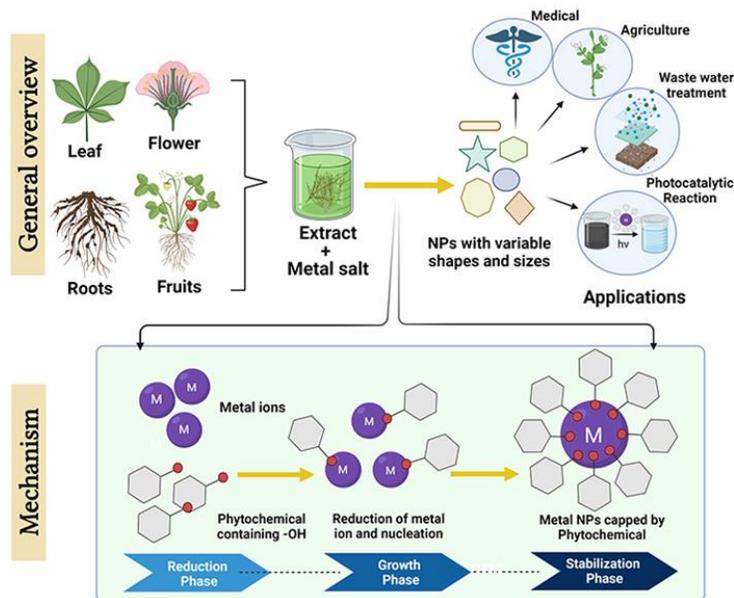


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Green Synthesis

*Green synthesis* adalah pendekatan dalam kimia dan nanoteknologi yang bertujuan untuk menghasilkan berbagai jenis material, termasuk nanopartikel dan nanomaterial lainnya, dengan menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan dan proses yang berkelanjutan. Pendekatan ini bertentangan dengan metode tradisional yang sering melibatkan penggunaan bahan kimia berbahaya dan pembuangan limbah yang merusak lingkungan. *Green synthesis* mengedepankan konsep keberlanjutan, dengan memanfaatkan sumber daya alam yang berlimpah dan berkelanjutan. (Karim dkk., 2021)



**Gambar 2. 1** Ilustrasi skema *green synthesis* (Singh dkk., 2023).

Pada gambar 2.1 dijelaskan bahwa *green synthesis* menggunakan bahan-bahan alami seperti akar, dedaunan, bunga ataupun buah. Bahan alami tersebut

dijadikan ekstrak yang dicampurkan dengan senyawa garam metal sehingga menghasilkan nanopartikel yang dapat diaplikasikan ke beberapa hal.

Dalam *Green synthesis* pendekatan yang berfokus pada pengurangan atau penghilangan penggunaan bahan-bahan berbahaya, dan mengembangkan proses kimia yang ramah lingkungan dan berkelanjutan seperti *bottom-up* dan *top-down*. Dalam pengertiannya *bottom-up* dan *top-down* bisa dijelaskan sebagai berikut.

1. ***Bottom-Up***: Pendekatan ini dimulai dari detil atau komponen terkecil, lalu ditingkatkan hingga mencapai keseluruhan. Dalam konteks *green synthesis*, *bottom-up* bisa melibatkan pembuatan nanopartikel dari molekul atau atom melalui reaksi kimia atau fisika. Misalnya, nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode *green synthesis* yang menggunakan ekstrak daun sebagai agen pereduksi. (Karim dkk., 2021)
2. ***Top-Down***: Pendekatan ini dimulai dari keseluruhan atau visi yang besar, lalu dikembangkan menjadi komponen-komponen yang lebih rinci. Dalam konteks *green synthesis*, *top-down* bisa melibatkan pemecahan material besar menjadi nanopartikel melalui metode fisik seperti *milling* atau *grinding*. (Karim dkk., 2021).

Salah satu aspek penting dari *green synthesis* lainnya adalah penggunaan bahan-bahan alami sebagai agen reduksi atau pengkapsulasi. Contoh bahan-bahan alami yang sering digunakan meliputi ekstrak tanaman, seperti daun kelor (Abdillah et al., 2022), ekstrak teh hijau (Windarti dkk., 2022), atau ekstrak biji buah seperti ekstrak biji delima (Hendrian dan Munasir, 2023). Bahan-bahan alami ini mengandung senyawa bioaktif yang dapat bertindak sebagai agen reduksi, membantu dalam pembentukan nanopartikel, dan memberikan stabilitas.

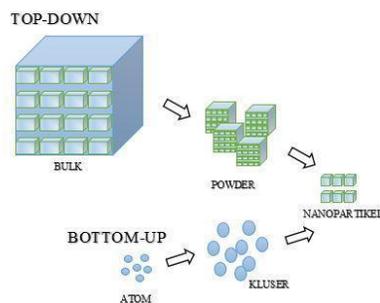
Pada ekstrak MO, terdapat senyawa fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Senyawa fenolik ini berperan sebagai agen pereduksi dalam proses sintesis, yang membantu dalam reduksi ion logam menjadi nanopartikel (Karim dkk., 2021).

Selain itu, ekstrak MO juga telah digunakan dalam *green synthesis* nanopartikel emas (AuNPs). Senyawa bioaktif dalam tanaman ini berperan sebagai agen reduksi, membantu dalam pembentukan nanopartikel emas yang stabil. AuNPs yang dihasilkan dapat digunakan dalam aplikasi seperti pengiriman obat, sensor, dan diagnostik medis (Chakraborty dkk., 2013).

Selain itu, *Moringa oleifera* juga telah digunakan dalam *green synthesis* nanopartikel emas (AuNPs). Senyawa bioaktif dalam tanaman ini berperan sebagai agen reduksi, membantu dalam pembentukan nanopartikel emas yang stabil. AuNPs yang dihasilkan dapat digunakan dalam aplikasi seperti pengiriman obat, sensor, dan diagnostik medis (Chakraborty dkk., 2013).

## 2.2 Carbon Dots (CDots)

*Carbon dots* (Cdots) adalah material karbon berukuran kurang dari 10 nm dan berdimensi nol (*zero dimension*) yang memiliki kemampuan memancarkan fluoresensi. Material ini pertama kali ditemukan selama pemurnian dari *single-walled carbon nanotube* (SWNT) melalui proses *elektroforensis*. Cdots memiliki berbagai keunggulan sifat seperti pancaran fotoluminisensi yang tinggi, mudah larut dalam air, tidak beracun, mudah untuk dimodifikasi, dan tahan terhadap *photobleaching* (Mansuriya dan Altintas, 2021).



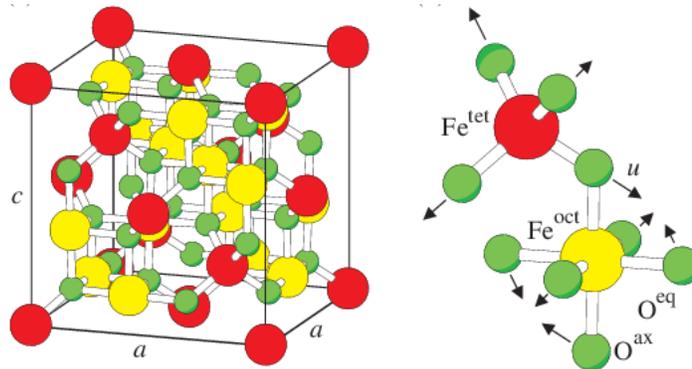
**Gambar 2. 2** Pendekatan utama sintesis nanopartikel: *top down* dan *bottom up* (Winda Wiqradhani, 2017).

Cdots dapat dibuat dengan dua metode sintesis yaitu *top-down* dan *bottom-up*. Metode *top-down* mensintesis karbon dots dengan cara memecah rantai karbon besar (*bulk materials*) menjadi nanopartikel. Metode sintesis yang termasuk ke dalam kategori *top-down* diantaranya ablasi laser, elektrokimia, *plasma treatment* dan *arc-discharge*. Metode *bottom-up* mensintesis Cdots dari molekul material mentah (*raw materials*). Metode sintesis yang termasuk ke dalam kategori *bottom-up* diantaranya metode pemanasan sederhana, microwave, hidrotermal, ultrasonik dan oksidasi asam (Kristian dkk., 2022).

Karbon adalah unsur nonlogam yang dapat berikatan dengan dirinya sendiri dan banyak unsur kimia lainnya, membentuk lebih dari sepuluh juta senyawa. Oleh karena itu, ketika Cdots berikatan dengan senyawa lain, mereka dapat membentuk berbagai jenis senyawa dengan sifat dan aplikasi yang berbeda. Misalnya, Cdots dapat berikatan dengan unsur logam untuk membentuk senyawa karbonat. Senyawa ini biasanya tidak larut dalam air dan memiliki sifat yang stabil secara termal. Selain itu, Cdots juga dapat berikatan dengan makromolekul seperti *Human Serum Albumin* (HSA) untuk meningkatkan biokompatibilitas material nanopartikel dan meminimalkan respon imun tubuh yang berlebihan terhadap nanomaterial (Mansuriya & Altintas, 2021).

### 2.3 Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> adalah partikel magnetik dengan ukuran dalam skala nanometer, berkisar antara 1 hingga 100 nanometer. Mereka memiliki sifat magnetik dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, termasuk di bidang kedokteran, teknologi informasi, dan industri. Penggunaan nanopartikel magnetik mencakup bidang seperti pencitraan medis, pengiriman obat, dan sensor, karena sifat magnetik mereka dapat dimanfaatkan untuk tujuan diagnostik dan terapeutik.



**Gambar 2. 3** Struktur Kristal  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Febriyani, 2023).

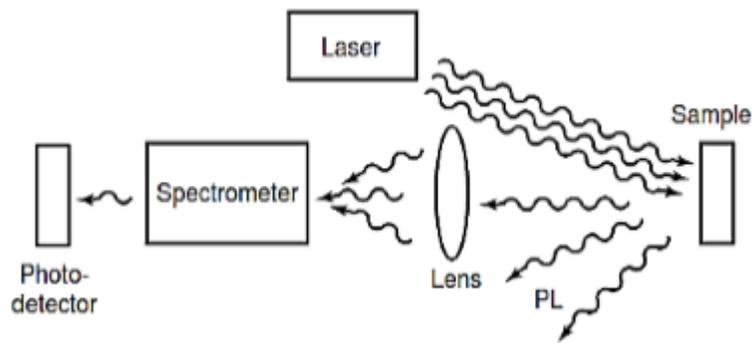
$\text{Fe}_3\text{O}_4$  Memiliki massa jenis  $5,18 \text{ g/cm}^3$  dengan titik leleh berkisar  $1583\text{-}1597^\circ\text{C}$ . pada struktur kristal  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berbentuk kubik dengan tipe spinel terbalik. Ion  $\text{Fe}^{3+}$  pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagian berada pada titik tetrahedron dan sebagian yang lainnya berada pada titik oktahedron dan untuk semua ion  $\text{Fe}^{2+}$  terdapat pada titik oktahedron pada bentuk struktur kristal logam tatanan kubus rapat muka (FCC) (Febriyani, 2023).

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah mineral yang paling umum dan memiliki sifat ferromagnetik yang kuat, mempertahankan magnetisasi bahkan setelah medan magnet eksternal dihapus. Hematit dan maghemite juga menunjukkan sifat magnetik, walaupun dengan kekuatan yang berbeda. Pengenalan sifat-sifat ini dapat membantu memahami potensi aplikasi dan kegunaan nanopartikel magnetik di berbagai bidang.

Sifat-sifat nanopartikel magnetik melibatkan kemampuan magnetisasi, stabilitas kimia, dan pengendalian ukuran serta bentuk partikel tersebut. Magnetisasi adalah kemampuan nanopartikel untuk menjadi magnetis saat terpapar medan magnet eksternal, yang penting dalam aplikasi seperti pencitraan resonansi magnetik (MRI) dalam dunia medis. Stabilitas kimia diperoleh melalui lapisan pelindung yang mencegah oksidasi dan reaksi kimia lainnya. Pengendalian ukuran dan bentuk nanopartikel juga kritis untuk mengoptimalkan kinerja dalam berbagai aplikasi (Anaraki & Safarifard, 2020; Jang dkk., 2019).

## 2.4 Spektrometer PL

Fotoluminisensi adalah fenomena fisik di mana suatu material menyerap foton (cahaya) dan kemudian memancarkan foton dengan panjang gelombang yang lebih panjang, seringkali dalam bentuk cahaya yang terlihat. Ini adalah salah satu cara di mana berbagai materi dapat menghasilkan cahaya, termasuk zat padat, cair, atau gas. Fenomena ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi, seperti dalam lampu fosfor yang digunakan dalam televisi dan lampu neon, serta dalam bidang kimia dan fotografi. (Heydari dkk., 2017)



**Gambar 2. 4** Prinsip kerja PL (Warwick, 2023).

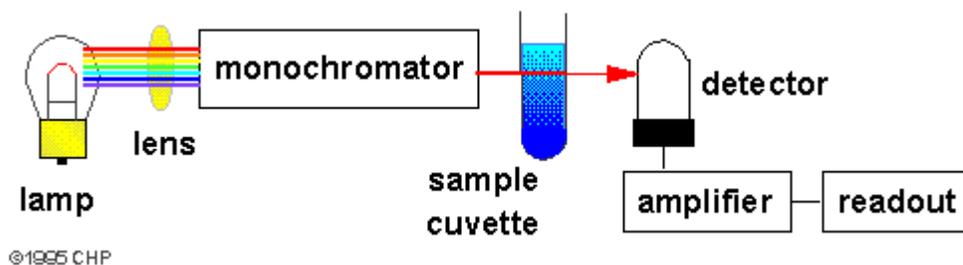
Prinsip dasar alat ini adalah cahaya dari laser dipaparkan secara langsung pada sampel. Sampel tersebut akan menyerap cahaya tersebut dan menyebabkan foto-eksitasi (eksitasi foton). Foto-eksitasi tersebut kemudian menyebabkan material melompat pada keadaan elektronik yang lebih tinggi dan kembali pada keadaan dasar dengan memancarkan foton. Pancaran foton tersebut kemudian difokuskan pada lensa yang kemudian akan diurai pada spectrometer dan dialanisis oleh detector yang dapat diilustrasikan seperti gambar 2.4 (Warwick, 2023.)

Fotoluminesensi adalah hasil dari elektron dalam materi yang menerima energi dari foton dan naik ke tingkat energi yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke tingkat energi dasarnya, energi ekstra yang dihasilkan dikeluarkan dalam bentuk foton, yang dapat terlihat sebagai cahaya. Panjang gelombang cahaya yang

dipancarkan tergantung pada energi band-gap material dan seringkali bergantung pada tipe material yang digunakan.(Heydari dkk., 2017)

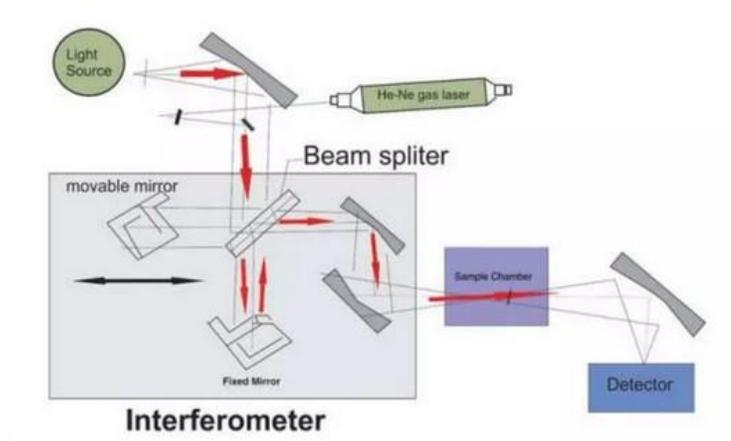
## 2.5 Spektrometer *UV-Visible*

Spektrofotometri *UV-Visible* (UV-Vis) adalah salah satu teknik analisis spektrofotometri yang digunakan untuk mengukur absorbansi cahaya *ultraviolet* (UV) dan cahaya tampak (*visible*). Spektrofotometer UV-Vis mengukur intensitas cahaya yang diteruskan atau diserap oleh zat dalam berbagai panjang gelombang UV hingga cahaya tampak(250-800nm). Prinsip dasar spektrofotometri UV-Vis adalah bahwa berbagai molekul dan senyawa dapat menyerap cahaya UV-Vis dan cahaya tampak pada panjang gelombang tertentu. Hal tersebut disebabkan penyerapan sinar UV ataupun cahaya tampak akan sesuai dengan energi eksitasi y berada pada elektron terluar molekul seperti yang diilustrasikan gambar 2.5



**Gambar 2. 5** Prinsip kerja Spectrofotometri UV-Vis (ekplorasi di bidang ilmiah dan teknologi, 2017).

## 2.6 Spektrofotometer FT-IR



**Gambar 2. 6** Instrumentasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR)(Diah Ayu Suci Kinasih, 2021)

*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) adalah teknik analisis spektroskopi yang digunakan untuk mempelajari interaksi molekul dengan radiasi inframerah. FT-IR memanfaatkan sifat khusus yang dimiliki oleh molekul, yaitu mampu menyerap radiasi inframerah dalam panjang gelombang tertentu. Dalam analisis FT-IR, cahaya inframerah dikirimkan melalui sampel, dan sebagian cahaya tersebut diserap oleh molekul dalam sampel. Panjang gelombang cahaya yang diserap mencerminkan jenis ikatan kimia yang ada dalam sampel. Dengan menganalisis spektrum inframerah yang dihasilkan, kita dapat mengidentifikasi komponen molekuler dalam sampel dan memahami strukturnya.

Pada gambar 2.6 perangkat spektroskopi FTIR terdiri dari sumber cahaya infra merah, *interferometer*, kompartemen untuk sampel, dektektor, dan *amplifier*. Pada cara kerja FTIR, sumber radiasi cahaya akan melewati *interferometer* hingga mencapai detektor. Setelah diterima detektor, sinyal diperkuat da diubah menjadi sinyal digital oleh *amplifier* dan konveter analog ke digital. Hasil dari sinyal akan diterjemahkan ke dalam spektrum melalui algoritma transformasi *Fourier* (Diah Ayu Suci Kinasih, 2021).

FT-IR memiliki beragam aplikasi di berbagai disiplin ilmu, termasuk kimia, biokimia, farmasi, dan ilmu material. Dalam kimia, teknik ini digunakan untuk menganalisis berbagai jenis senyawa organik dan anorganik. Dalam biokimia, FT-IR digunakan untuk memahami struktur protein dan asam nukleat. Dalam ilmu material, teknik ini digunakan untuk memeriksa sifat-sifat bahan seperti plastik, logam, dan keramik. FT-IR juga digunakan dalam bidang farmasi untuk mengidentifikasi obat-obatan dan menilai kemurnian mereka.

Salah satu keunggulan FT-IR adalah kemampuannya untuk memberikan informasi detil tentang ikatan kimia dalam sampel. Dengan demikian, FTIR memainkan peran penting dalam analisis kimia dan identifikasi komponen dalam berbagai aplikasi ilmiah dan industri.

