

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel

Nanopartikel merupakan material dengan ukuran panjang partikel primernya (partikel tunggal) kurang dari 100 nm (Elzey, 2010). Bentuk nanopartikel dapat berupa bola, batang atau tabung, serat, atau berbentuk acak. Nanopartikel dapat dibuat dengan metode fotokimia, elektrokimia, *radiolytic*, *sonolytic* dan bioreduksi menggunakan produk alami. Metode bioreduksi diklasifikasikan sebagai cabang baru dari nanoteknologi yang disebut nanobioteknologi. Nanobioteknologi menggabungkan prinsip-prinsip biologi dengan prosedur fisika dan kimia untuk menghasilkan partikel yang berukuran nanometer dengan fungsi tertentu (Zakir, *et al.*, 2014).

Jenis - jenis nanomaterial untuk pengolahan air yaitu nanopartikel logam bervalensi nol, nanopartikel oksida logam, karbon nanotub (*Carbon Nanotubes*, CNTs) dan nanokomposit. Nanopartikel logam bervalensi nol antara lain: nanopartikel perak, nanopartikel besi dan nanopartikel seng. Nanopartikel oksida logam antara lain: nanopartikel TiO₂, nanopartikel ZnO dan nanopartikel besi oksida (Choerudin, 2016).

Jenis – jenis nanomaterial untuk pengolahan air limbah antara lain: polimer dendrit termasuk polimer dendrigraft, dendron dan dendrimer; oksida logam termasuk titanium oksida (TiO₂), zink oksida (ZnO) dan cerium oksida (CeO₂); nanopartikel zeolit; nanopartikel berbasis karbon dan besi bervalensi nol (*Zero Valen Iron*, ZVI) (Kangwansupamonkon, *et al.*, 2010).

2.2 Proses Sintesis Nanopartikel

Sintesis nanopartikel dengan memanfaatkan makhluk hidup sebagai agen biologi pada proses sintesisnya dikenal sebagai biosintesis nanopartikel. Penggunaan agen biologi dalam proses sintesis ialah dengan memanfaatkan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam makhluk hidup. Agen biologi

berperan sebagai pereduksi, penstabil, atau keduanya pada proses pembentukan nanopartikel. Biosintesis nanopartikel diduga melibatkan senyawa-senyawa organik seperti enzim, protein, dan karbohidrat ataupun kelompok senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan. Prinsip biosintesis dengan metode reduksi dalam preparasi nanopartikel ialah memanfaatkan tumbuhan dan mikroorganisme (Bakir, 2011 & Handayani, 2011).

Proses yang digunakan untuk sintesis nanopartikel yaitu kimia, fisik, dan metode biologi yang baru-baru ini dikembangkan. Yang terakhir ini lebih maju dari metode kimia dan fisik yaitu sintesis nanopartikel, karena biaya yang efektif dan ramah lingkungan (David, 2004 & Talebi, *et al.*, 2010). Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode fisika maupun kimia. Secara garis besar sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode *top down* (fisika) dan metode *bottom up* (kimia). Metode fisika yaitu dengan cara memecah padatan logam menjadi partikel-partikel kecil berukuran nano sedangkan metode kimia dilakukan dengan cara membentuk partikel-partikel nano dari prekursor molekular atau ionik (Wahyudi, *et al.*, 2008).

Sintesis dari nanopartikel dengan cara ramah lingkungan merupakan pencarian ilmu pengetahuan saat ini dan terdapat kebutuhan mendesak untuk bahan ini. Sintesis dan karakterisasi nanopartikel saat ini merupakan bidang yang penting dari penelitian, seperti pemilihan ukuran dan bentuk nanopartikel untuk menyediakan kontrol penuh yang efisien terhadap sifat-sifat fisik dan kimia (Emory, *et al.*, 1998).

Contoh metode yang umum dalam sintesis kimia antara lain kopresipitasi dan reduksi kimia. Muflihatun, *et al.* (2015) melakukan sintesis nanopartikel nikel ferit (NiFe_2O_4) dengan metode kopresipitasi dengan mencampurkan ini $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sedangkan Raza, *et al.* (2016) melakukan reduksi AgNO_3 dengan NaBH_4 dengan Polivinil Prolidon (PVP) sebagai penstabil. Sementara contoh sintesis secara fisika adalah ablasi laser. Rafique, *et al.* (2017) membuat nano partikel emas dengan metode ablasi laser dalam air yang telah di deionisasi.

Pada metode biologi, jamur, bakteri dan tanaman digunakan untuk sintesis nanomaterial. Konsep mengeksploitasi keanekaragaman hayati lokal yang tersedia yang berpotensi untuk mensintesis nanopartikel ekstraseluler adalah sebuah konsep baru dan ekonomis untuk *bioprospecting*. Hal ini memberikan arahan yang berharga untuk pengembangan produk baru dan aplikasi baru spesies biologi yang belum dipelajari sebelumnya (Seema, *et al.*, 2010). Studi tentang interaksi mikroba dengan logam yang berbeda menghasilkan kesadaran di kalangan para peneliti dari potensi besar mikroorganisme sebagai pabrik ramah lingkungan untuk sintesis nanopartikel (Ingle, *et al.*, 2008 dan Prakash, *et al.*, 2010).

Contoh beberapa sintesis nanopartikel secara biologi antara lain dilakukan oleh Dobrucka dan Dugaszewska (2016) melakukan penelitian tentang biosintesis dan aktivitas antibakteri dari nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak bunga *Trifolium pratense*; Kumar, (2016) meneliti tentang Ekstraselulaf sintesis hijau dari nanopartikel perak menggunakan buah Amazonian Araza (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh); Raja, (2017) tentang biosintesis hijau dari nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun *Calliandra haematocephala*, aktivitas antibakteri dan kapasitas penginderaan hidrogen peroksida, serta penelitian Kumar, (2015) tentang fabrikasi nanopartikel perak menggunakan kulit *Nephelium lappaceum* (rambutan).

Penggunaan metode kimia dan fisika dalam sintesis nanopartikel memiliki berbagai kelemahan. Pada metode kimia, penggunaan pelarut tertentu dengan reaksi tertentu dapat menyisakan limbah berbahaya yang bisa berdampak buruk bagi kehidupan. Metode fisika seperti ablasi laser pun juga dapat menjadi masalah karena konsumsi energi yang tinggi. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sebuah metode yang ramah lingkungan, sehingga metode biosintesis baik dari ekstrak tanaman atau dari limbah hewan menjadi salah satu alternatif sintesis nanopartikel yang ramah lingkungan, murah, dan efisien.

2.3 Nanopartikel Ag

Nanopartikel perak dan logam lainnya mampu membantu aktivitas mikroba. Ada beberapa laporan tentang pengaruh nanopartikel pada tingkat reaksi mikrobiologi (Shin, *et al.*, 2008). Perak telah digunakan sejak zaman dahulu dalam bentuk logam perak, perak nitrat, atau perak sulfadiazin untuk perawatan luka bakar, luka dan infeksi bakteri parah (Rai, *et al.*, 2009). Perak juga dikenal karena efek penghambatan pada mikroba baik dalam perawatan medis dan proses industri (Lok, *et al.*, 2007).

Penggunaan nanopartikel perak (AgNPs) juga penting, karena ada beberapa bakteri patogen memiliki daya tahan lebih maju melawan berbagai antibiotik (Schaller, *et al.*, 2004). Ion perak dan senyawa berbasis perak sangat beracun untuk mikroorganisme. Dengan demikian, ion perak telah digunakan dalam berbagai jenis formulasi, dan baru-baru ini menunjukkan bahwa hibrida dari AgNPs dengan *amphiphilic hyperbranched* makromolekul menunjukkan pelapisan permukaan antimikroba yang efektif ((Bharde, *et al.*, 2006; Sondi, *et al.*, 2004; Aymonier, *et al.*, 2002 dan Pollini, *et al.*, 2009). Nanopartikel perak telah terbukti memiliki kemampuan yang baik sebagai antimikroba yakni terhadap bakteri, virus dan mikroorganisme eukariotik (Gong, *et al.*, 2007). Beberapa peneliti mempercayai bahwa perak adalah logam yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan gejala alergi, tidak beracun, dan dapat terolah dengan baik (Madaeni, *et al.*, 2015). Nanopartikel Ag memiliki pH 8 dengan bentuk bulat, trigonal dan heksagonal. (Phillip, *et al.*, 2011)

2.4 Kulit Rambutan (*Nephelium lappaceum*)

Nephelium lappaceum L. termasuk dalam famili yang sama (Sapindaceae) sebagai buah sub-tropis leci dan kelengkeng (Marisa, 2006 dalam Palanisamy, *et al.*, 2011) dan asli Asia Tenggara. Di Asia Tenggara, kulit buah kering telah digunakan dalam pengobatan tradisional selama berabad-abad. Selain itu, kulitnya digunakan dalam memasak dan pembuatan sabun. Akar, kulit kayu, dan daun memiliki berbagai kegunaan dalam pengobatan dan dalam produksi pewarna.

Sebelumnya penelitian telah menunjukkan ekstrak kulit *N. lappaceum* menunjukkan tinggi aktivitas anti-oksidan (Palanisamy, *et al.*, 2008), aktivitas antibakteri (Thitilertdecha, Teerawutgulrag, Kilburn, & Rakariyatham, 2010) dan anti-Herpes Simplex tipe virus 1 (Nawawi, *et al.*, 1999 dalam Palanisamy, *et al.*, 2011).

Komposisi utama kulit rambutan, terdiri dari *anthocyanins*, *ellagitannins*, *ellagic acid*, *corilagin*, *geraniin*, *syringic acid* dan *p-coumaric acid*, merupakan antioksidan alami (Lim, 2013). Rambutan juga mengandung vitamin C, termasuk kalium, zat besi, beta-karoten atau vitamin A, kalsium, magnesium, seng, natrium, niasin, serat dan protein. Penelitian juga telah membuktikan bahwa daging buah rambutan, biji dan kulitnya mengandung antioksidan kuat yang disebut flavonoid, yang dikenal mampu mengurangi kadar kolestrol. Kandungan flavonoid pada rambutan juga bisa memiliki atribut anti-kanker serta anti-inflamasi. Selain itu, kulit rambutan memiliki beberapa senyawa organik, asam galat yaitu sebagai penangkal radikal bebas (Nurjanah dan Ihsan, 2013)

Ada sedikit bukti dari bioaktivitas geraniin sendiri meskipun telah dilaporkan tidak memiliki aktivitas pembersih (Kumaran dan Karunakaran, 2006), aktivitas anti-infeksi terhadap HSV-1 dan HSV-2 (Yang, Cheng, Lin, Chiang, & Lin, 2007) dan aktivitas antihipertensi (Lin, Wang, Lu, Wu, & Hou, 2008).

Kulit rambutan dapat diaplikasikan ke dalam lingkungan. Njoku, *et al.* (2014) memproses kulit rambutan menjadi adsorben dengan metode *microwave induced* dan aktivator KOH untuk menyerap pewarna acid yellow 17. Karnan dan Selvakumar (2016) memproses kulit rambutan menjadi ekstrak dan melakukan sintesis untuk menjadikannya sebagai nanopartikel ZnO.

2.5 Bakteri *Salmonella paratyphi A*

Salmonella typhi dapat menyebabkan demam tifoid, yakni penyakit sistemik berat yang selama perjalanan penyakitnya potensial menimbulkan penyulit pada berbagai organ tubuh. Penyulit demam tifoid dapat terjadi pada intestinal maupun estraintestinal. Penyulit yang sering terjadi adalah gangguan neuropsikiatrik, hematochezia maupun melena, perforasi usus, miokarditis, pankreatitis, sepsis

yang sering disertai syok septik (Butler, 1988 dan Miller, *et al.*, 1995 dalam Mahtuti, 2004). Penularan oleh *Salmonella typhi* terjadi melalui mulut karena makanan kurang higienis dan mengandung *Salmonella* (Markum, 1997 dalam Mahtuti, 2004).

Penyakit demam typhoid disebabkan oleh *Salmonella enterica serotype typhi* (*S. typhi*) merupakan masalah kesehatan yang serius di negara berkembang. Sekitar 600.000 nyawa yang terpapar setiap tahunnya. Demam *paratyphoid* disebabkan oleh *Salmonella paratyphi* A, B, atau C, memiliki presentase kejadianserupa dengan demam *typhoid* sekitar 1:10-20 (Arya, *et al.*, 1995 dan Sood, *et al.*, 1999).

Salmonella spp. adalah bakteri yang sensitif akan suhu panas dan perlakuan pemanasan yaitu pemasakan pada suhu 150 - 165 °F atau 65 - 74 °C. Pertumbuhan *Salmonella* spp. berjalan lambat pada 50 °F (10 °C) walaupun dapat bertahan pada kondisi beku. *Salmonella* spp. dapat tumbuh dengan atau tanpa oksigen dan diantara suhu 40 - 117 °F. Pertumbuhan *Salmonella* ideal pada pH 6,5 – 7,5 (Jay, 2000).

Pada percobaan in aktivasi melalui cahaya menunjukkan bahwa lapisan film mampu mengurangi kepadatan sel bakteri *Staph. aerus* dan *S. thypy* dari konsentrasi awal sekitar 10^8 sampai 10^3 CFU/ml selama 15 menit (Teh, *et al.*, 2016).

2.6 Aktivitas Antibakteri

Mekanisme aktivitas AgNPs terhadap mikroorganisme belum sepenuhnya dimengerti, masih dipercayai secara umum bahwa mekanisme yang berbeda menentukan aktivitas antimikroba dari AgNP berdasarkan pelepasan ion perak dan karakteristik nanopartikel (Xiu, *et al.*, 2012 dan Ivask, *et al.*, 2014). Beberapa mekanisme yang di usulkan antara lain: (a) kontak langsung antara NPs dan sel mikroba, yang akan mengganggu fungsi kekuatan/ketahanan dari membran sel dan menyebabkan kerusakan struktural; (b) pembuatan Reaktif Oksigen Spesies (ROS), yang akan merusak membran sel; dan (c) hubungan antara replikasi DNA dan inhibisi enzim dan protein lain (Morones, *et al.*, 2005; Feng, *et al.*, 2000;

Lok, *et al.*, 2006; Rai, *et al.*, 2009; Marambio-Jones dan Hoek. 2010). Mekanisme yang sinergik dan banyak ini dari kegiatan *cytotoxic* mengurangi kemungkinan adanya perkembangan resistansi mikroorganisme terhadap molekul perak (Silver, *et al.*, 2003).

2.7 Metode Standard Agar Well-Diffusion

Metode *Agar Well-Diffusion* yaitu banyak digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antimikroba dari tanaman atau ekstrak mikroba (Magaldi, *et al.*, 2004 dan Valgas, *et al.*, 2007). Demikian juga dengan prosedur yang digunakan dalam metode *disk-diffusion*, permukaan piring agar diinokulasi dengan cara menyebarkan volume inokulum mikroba ke seluruh permukaan agar. Lalu, lubang dengan diameter 6-8 mm ditekan secara aseptik dengan *cork borer* steril atau tip, dan dengan volume (20-100 L) dari agen antimikroba atau larutan ekstrak dengan konsentrasi yang diinginkan ini dimasukkan ke dalam sumur. Kemudian, piring agar diinkubasi dalam kondisi yang sesuai tergantung pada mikroorganisme uji. Agen antimikroba berdifusi dalam media agar dan menghambat pertumbuhan strain mikroba uji.

2.8 Karakterisasi UV-Vis

Spektrometer UV-Vis memungkinkan kita menentukan intensitas absorpsi sebagai fungsi frekuensi atau panjang gelombang (Abdullah dan Khairurrijal, 2009). Spektrofotometri ini merupakan gabungan antara spektrofotometri UV dan Visible. Menggunakan dua buah sumber cahaya berbeda, sumber cahaya UV dan sumber cahaya visible. Meskipun untuk alat yang lebih canggih sudah menggunakan hanya satu sumber sinar sebagai sumber UV dan Vis, yaitu photodiode yang dilengkapi dengan monokromator. Untuk sistem spektrofotometri, UV-Vis paling banyak tersedia dan paling populer digunakan. Kemudahan metode ini adalah dapat digunakan baik untuk sample berwarna juga untuk sample tak berwarna. Spektroskopi ultraviolet-visible atau spektrofotometri ultraviolet-visible (UV-Vis atau UV / Vis) melibatkan spektroskopi dari foton dalam daerah UV-terlihat. Ini berarti menggunakan cahaya dalam terlihat dan

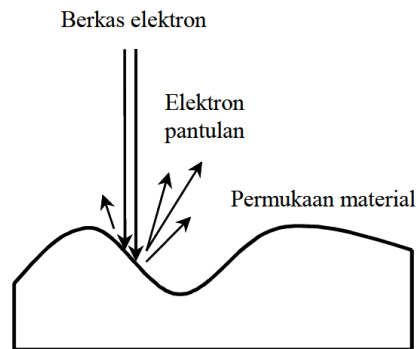
berdekatan (dekat ultraviolet (UV) dan dekat dengan inframerah (NIR)) kisaran. Penyerapan dalam rentang yang terlihat secara langsung mempengaruhi warna bahan kimia yang terlibat. Di wilayah ini dari spektrum elektromagnetik, molekul mengalami transisi elektronik. Teknik ini melingkupi fluoresensi spektroskopi, di fluoresensi berkaitan dengan transisi dari *ground state* ke *eksited state*. Penyerapan sinar uv dan sinar tampak oleh molekul, melalui 3 proses yaitu :

- a) Penyerapan oleh transisi elektron ikatan dan electron anti ikatan
- b) Penyerapan oleh transisi elektron d dan f dari molekul kompleks.
- c) Penyerapan oleh perpindahan muatan.

Larutan koloid nanopartikel perak memberikan puncak absorpsi pada panjang gelombang di sekitar 400 nm yang menunjukkan puncak serapan permukaan plasmon khas nanopartikel perak. Plasmon adalah sifat eksitasi kolektif konduksi elektron pada suatu logam (Xie, *et al.*, 2006; Sileikaite, *et.al.*, 2006).

2.9 Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi seperti diilustrasikan pada Gambar 2.1 Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan ke mana arah kemiringan (Abdullah dan Khairurrijal, 2009).



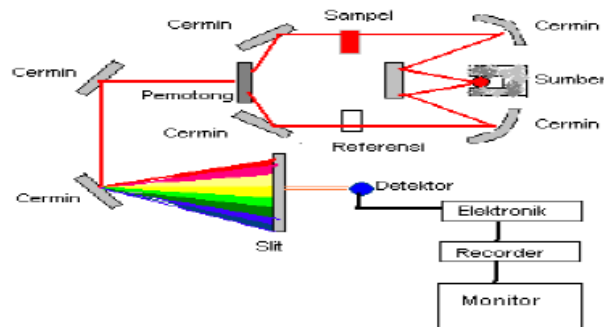
Gambar 2.1. Gambar dalam SEM berkas elektron bernergi tinggi mengenai permukaan material. Elektron pantulan dan elektron sekunder dipancarkan kembali dengan sudut yang bergantung pada profil permukaan material

Sumber: Abdullah dan Khairurrijal, (2009)

SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang de Broglie yang dimiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop. SEM yang paling canggih pun yang ada saat ini tidak sanggup mengamati ukuran partikel dalam orde beberapa nanometer (Abdullah dan Khairurrijal, 2009).

2.10 Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti Fourier Transform Infra Red (FTIR). Teknik ini memberikan informasi kimia, seperti struktur dan konformasional pada polimer, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini (lihat Gambar 2.2) padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, *et al.*, 1990 dalam Gunawan & Azhari, 2010).



Gambar 2.2. Skema Instrumen FT-IR

Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer inframerah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak di depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Bassler, *et al.*, 1986 dalam Gunawan & Azhari, 2010).

Interferogram juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferogram yang lengkap (*fourier transform*). Kemudian sinyal itu diubah menjadi spektrum IR sederhana. Spektroskopi FTIR digunakan untuk: (Silverstain, *et al.*, 1967 dalam Gunawan & Azhari, 2010).

1. Mendeteksi sinyal lemah
2. Menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah
3. Analisis getaran