

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Disinfeksi

Perubahan peraturan dan pengembangan teknologi baru telah mempengaruhi pemilihan alternatif untuk disinfeksi air limbah yang diolah. Disinfeksi adalah pengolahan terakhir dari proses pengolahan air limbah untuk melindungi ekosistem dan kesehatan manusia. Disinfeksi berguna untuk menghilangkan bakteri patogen yang terdapat pada air limbah. Metode Disinfeksi terdiri dari klorinasi dan ozonasi (kimiawi), radiasi ultraviolet dan mikrofiltrasi (fisik), serta kolam detensi (biologi). Metode yang paling umum digunakan adalah secara kimiawi menggunakan klorin. Evaluasi penggantian produk disinfeksi klorin dikarenakan dapat merusak ekosistem akuatik dan kualitas air bagian hilir. Klorin dalam air menyisakan produk sampingan berupa senyawa teratogenik dan karsinogenik.

Teknologi nanopartikel saat ini telah dikembangkan sebagai alternatif disinfeksi air limbah. Nanopartikel memiliki kontak dengan patogen lebih baik dikarenakan luas area permukaan sangat besar. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Jain, P. dan Pradeep, T. (2005), dilakukan kontak antara PU yang dilapisi nanopartikel perak dengan air selama 5 menit dan 10 menit. Setelah dilakukan kontak, tidak ada bakteri yang terdeteksi dalam air yang diolah. Nanopartikel pada proses disinfeksi diterapkan sebagai absorben, agen filtrasi dan bahan pengisi pada pengolahan air. Kriteria penting penggunaan nanoteknologi dan nanomaterial adalah karena nilai ekonomi (lebih sedikit material), mudah ditangani dan ramah lingkungan (biokompatibel).

2.2 Nanopartikel

Pengembangan nanoteknologi dilakukan oleh para peneliti secara terus-menerus. Salah satu bidang yang menarik minat pengembangan nanoteknologi

adalah pengembangan metode sintesis nanopartikel. Sintesis nanopartikel perak yaitu pembuatan partikel dengan ukuran kurang dari 100 nm dan sekaligus mengubah sifat dan fungsinya. Menurut Abdullah dkk. (2008) terdapat dua hal yang membedakan nanopartikel dengan material sejenis dalam ukuran besar yaitu:

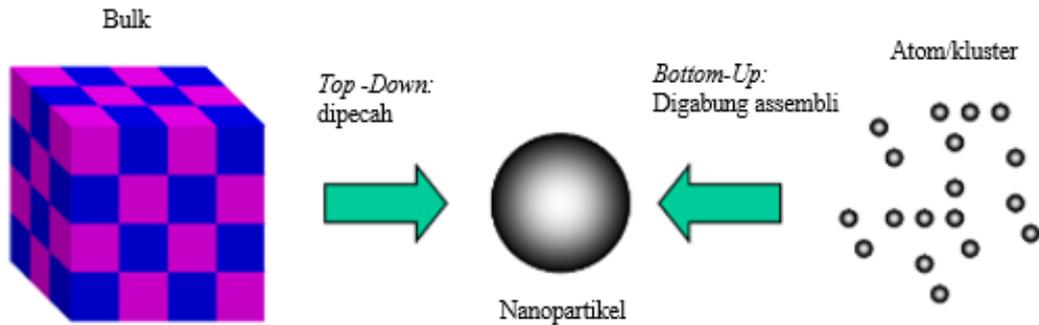
1. Nanopartikel memiliki nilai perbandingan luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan partikel sejenis berukuran besar. Sehingga nanopartikel bersifat reaktif.
2. Hukum-hukum fisika kuantum lebih mendominasi ketika ukuran partikel menuju orde nanometer.

Nanotechnologist berusaha untuk memproduksi dan memanfaatkan nanopartikel baru dan beberapa nanopartikel alam dalam jumlah yang lebih besar dan dalam kisaran ukuran yang lebih konsisten. Banyak teknik yang digunakan untuk membuat nanopartikel yang berbeda-beda. Sintesis nanopartikel perak sesuai **Gambar 2.1** terbagai menjadi dua yaitu, *bottom-up* dan *top-down*. Nanopartikel dapat dihasilkan dari struktur yang lebih besar (*top-down*) dengan menggunakan penggiling ultrafine, laser, dan penguapan diikuti dengan pendinginan. Untuk partikel kompleks, nanotechnologist umumnya memilih untuk mensintesis struktur nano dengan pendekatan *bottom-up* dengan mengatur molekul untuk membentuk struktur yang kompleks dengan sifat baru dan lebih berguna (Tiwari dkk, 2008). Metode *bottom-up* dan *top-down* secara umum dapat dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Kategori Metode *bottom-up* dan *top-down*

Category	Method	Nanoparticles
Bottom-up	Sol-gel	Carbon, metal and metal oxide based
	Spinning	Organic polymers
	Chemical Vapour Deposition (CVD)	Carbon and metal based
	Pyrolysis	Carbon and metal oxide based
	Biosynthesis	Organic polymers and metal based
Top-down	Mechanical milling	Metal, oxide and polymer based
	Nanolithography	Metal based
	Laser ablation	Carbon based and metal oxide based
	Sputtering	Metal based
	Thermal decomposition	Carbon and metal oxide based

Sumber: Ealias dan Saravanakumar, 2017.



Gambar 2. 1 Sintesis Nanopartikel Perak *Top-Down* dan *Bottom-Up*

Sintesis nanopartikel pada metode *top-down* dapat dilakukan dengan melakukan *miling* atau metode korosi atau abrasi dengan penambahan asam. Sedangkan metode *bottom-up* dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti kimia, abrasi laser, dll. Nanopartikel yang dibuat menggunakan metode *bottom-up* memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan metode *top-down*. Berikut ini beberapa metode sintesis nanopartikel dengan keuntungan dan ukuran partikel:

Tabel 2. 2 Metode Sintesis Nanopartikel

Metode Sintesis	Ukuran	Keuntungan	Referensi
<p><i>Chemical Vapor Condensation</i></p> <p>Bahan kimia padat yang diuapkan pada tabung yang dipanaskan. Molekul fase uap dikondensasi untuk menghasilkan nanopartikel yang bersifat solid.</p>	1 - 2 nm	<ol style="list-style-type: none"> 1. Komposisi dapat dipilih 2. Preparasi pada berbagai jenis nanopartikel 3. Distribusi ukuran sempit 4. Sejumlah besar nanopartikel dengan keadaan non-aglomerasi 5. Kemurnian tinggi 	<p>Bhavaripudi, S., Mile, E., Iiii, S. A. S., Zare, A. T., Dresselhaus, M. S., Belcher, A.M., Kong, J. 2007. <i>CVD Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes from Gold Nanoparticle Catalysts</i>. Journal of The American Science Society. Vol. 7. Hal 1516.</p>
<p><i>Microemulsion</i></p> <p>Penetesan air nanoseptik yang terdispersi dalam fase-fase kontinyu dan distabilkan oleh molekul surfaktan untuk membentuk nanopartikel.</p>	0,5 - 7 nm	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode sederhana 2. <i>Powder</i> terdefinisi dengan baik dan terkontrol 3. Nanopartikel terkontrol dan berukuran seragam 4. Nanopowder homogen 	<p>Solanki JN, Murthy ZV.2010. Highly monodisperse and sub-nanosilver particles synthesis via microemulsion technique. <i>Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects</i> . 359: 31-38.</p>

<i>Sol-gel</i>			1. Pengontrolan komposisi yang sangat baik 2. <i>Powder</i> yang sangat berpori 3. Homogenitas produk	Ramesh, S. 2013. <i>Sol-Gel Synthesis and Characterixation of Nanoparticle</i> . Journal of Nanoscience. Vol. 9. Hal 9.
Reaksi polimerisasi anorganik, dengan melakukan 4 tahapan yaitu: hidrolisis, polikondensasi, pengeringan, dan dekomposisi termal.	1 – 42 nm			
<i>Microbial</i>			1. Ukuran terkontrol 2. Bakteri tidak perlu mati 3. Distribusi ukuran sempit 4. Selektivitas dan Presisi	Kalishwaralal K, Deepak S, Ramkumarpandian H, Nellaiah, Sangiliyandi, G.2008.Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles by the culture supernatant of <i>Bacillus licheniformis</i> .
Penggunaan bakteri untuk memproduksi nanopartikel.	5 – 50 nm			
<i>Pyrolysis</i>			1. Distribusi ukuran partikel yang seragam dan dapat dikontrol 2. Dapat memproduksi skala besar	Kammler, B. H. K., Madler, L., Pratsinis, S. E. 2001. <i>Flame Synthesis of Nanoparticles</i> . Chemical Engineering and Technology. Vol 24. Hal 583.
Penggunaan pembakaran prekursor dengan api untuk memproduksi nanopartikel skala besar.	< 100 nm			
<i>Thermal Decomposition</i>			1. <i>Powder</i> terkristalisasi dengan baik 2. Morfologi partikel terkontrol 3. Homogen dalam ukuran, bentuk, dan komposisi.	Salavatiniyasi, M., Davar, F., Mir, N. 2008. <i>Synthesis and Characterization of Metallic Copper Nanoparticles Via Thermal Decomposition Polyhidron</i> . Vol. 27.
Pemecahan ikatan kimia di dalam senyawa akibat panas yang dihasilkan oleh dekomposisi kimia endotermik.	40 nm			
<i>Mechanical Milling</i>			1. Metode efisien 2. Pembentukan fase pada suhu rendah	Yadav, T. P., Yadav, R. M., Singh, D.P. 2012. <i>Mechanical Milling : a Top Down Approach for the Synthesis of Nanomaterials and Nanocomposites</i> . Nanoscience and Technology. Vol 2. Hal 22-48.
Sintesis Nanopartikel dengan menggiling elemen berbeda didalam atmosfer inert menggunakan milling dan annealing	14 – 40 nm			

2.2.1 Nanopartikel Perak

Koloid perak memiliki ciri khas tertentu, seperti bahan konduktivitas yang baik, stabil secara kimiawi, dapat digunakan sebagai katalis, dan memiliki aktivitas

antibakteri (Wahyudi dkk, 2011). Bentuk dan ukuran nanopartikel perak menentukan sifat optik, listrik, magnet, katalis, dan antimikroba. Semakin kecil ukuran partikel perak maka efek antimikroba yang dihasilkan semakin besar. Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis, yaitu suhu larutan, konsentrasi garam dan pereduksi, dan waktu reaksi (Ariyanta, 2014).

Nanopartikel perak menunjukkan kemampuan antimikroba yang efisien dan kuat dibandingkan agen lain. Hal ini dikarenakan perak memiliki area permukaan yang besar dalam rasio volume, sehingga menyediakan kontak yang lebih baik untuk mikroorganisme. Menggunakan nanopartikel perak mengarah ke peningkatan jumlah partikel per satuan luas, sehingga memaksimalkan efek antimikroba. Antimikroba pada Ag^+ pada sel manusia bersifat non-toksitas aktif dan menjadi biosida jangka panjang dengan stabilitas suhu tinggi dan volatilitas yang rendah (Montazer, 2011).

Kemampuan antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh karakteristik fisik nanomaterial seperti ukuran, bentuk, dan sifat permukaan. Selain itu, rasio luas permukaan terhadap volume semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel sehingga nanopartikel perak memiliki kemampuan antibakteri yang lebih kuat. Semakin kecil ukuran nanopartikel perak, semakin besar efek antimikrobanya (Ristian, 2013).

2.3 Sintesis Nanopartikel Perak

Teknik yang dapat digunakan dalam memproduksi nanopartikel perak adalah reduksi kimia, fotokimia, sonokimia dan lain-lain. Selain teknik tersebut, berikut ini metode sintesis nanopartikel perak dengan berbagai jenis agen pereduksi dan pelarut :

Tabel 2. 3 Sintesis Nanopartikel Perak

Metode	Agen pereduksi atau pelarut	Stabilisator atau Surfaktan	Ukuran Partikel
Metode Kimia	Trisodium Sitrat	Trisodium Sitrat	30-60 nm
Metode Kimia	Natrium Borohidrat	Dodecanoic Acid (DDA)	~ 7 nm
Metode Kimia	Ethylen Glycol	PVP	17 ± 2 nm
Metode Kimia	Parafin	Oleylamine	10-14 nm

Reduksi Kimia	Hydrazine Hydrate	Bis (2-ethylhexyl) (sulfosuccinate AOT)	2-5 nm
Reduksi Fotokimia	X-ray	-	28 nm
Elektrokimia	Elektrolisis katoda: titanium anoda: Pt	PVP	11 nm
Sintesis Fisika	Electrical Arc Discharge	Sodium Sitrat	14-27 nm
Sintesis Fisika	TX-100, UV	TX-100	30 nm
Sintesis Biologi	Bacillus sp.	Bacillus sp.	5-15 nm
Sintesis Biologi	Lactobacillus	Lactobacillus Proteins	6-15,7 nm
Sintesis Biologi	<i>Shewanella oneidensis</i>	<i>Shewanella oneidensis</i>	2-11 nm
Sintesis Biologi	Fungus <i>T. viride</i>	<i>Trichoderma viride</i>	5-40 nm
Sintesis Biologi	<i>Cassia agustifolia</i>	<i>Cassia agustifolia</i>	9-31 nm
Sintesis Biologi	<i>Daucus carota</i>	<i>Daucus carota</i>	20 nm
Sintesis Biologi	Bacillus strain CS 11	Bacillus strain CS 11	42-92 nm
Sintesis Biologi	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus niger</i>	1-29 nm
Sintesis Biologi	Ekstrak daun Arbutus unedo	Ekstrak daun Arbutus unedo	3-20 nm
Metode Kimia	Ethylene glycol	PVP	-
Metode Kimia	Pentanediol (H-1.5 PDO)	PVP	-
Metode Kimia	Ethylene glycol	PVP	30-5- nm
Fotokimia	Carboxymethylated chitosan (CMCTS)	Carboxymethylated chitosan (CMCTS)	2-8 nm
Sintesis Biologi	Ekstrak daun Eucalyptus macrocarpa	Ekstrak daun Eucalyptus macrocarpa	10-50 nm
Wet-Chemical	Sodium borohydride dalam sodium citrate	-	4 ± 2 nm
Metode Kimia	Potassium tartaric	PVP	-
Metode Kimia	Ethylene glycol	-	Diameter 30-40 nm
Wet-Chemical	Ascorbic acid	-	Diameter 30-40 nm
Teknik microwave	Ethylene glycol	PVP	-
Metode Kimia (polyol)	Ethylene glycol	PVP	-
Reduksi Kimia	Hydrazine hydrate	PVP	50-200 nm
Microwave-assisted	Ethylene glycol monoalkyl ethers	PVP	-

Sumber: Khodashenas dan Ghorbani, 2015.

2.3.1 Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Metode Reduksi

Cara yang sangat populer karena alasan faktor kemudahan, biaya yang relatif murah serta kemungkinannya untuk diproduksi dalam skala besar adalah dengan cara reduksi kimia. Berbagai zat pereduksi dapat digunakan mulai dari yang bersifat lemah (contoh glukosa), medium (contoh formaldehida), dan kuat (hidrazin dan natrium borohidrida). Hal yang penting diperhatikan adalah bagaimana upaya

untuk menstabilkan partikel koloid nanopartikel perak yang terbentuk agar tidak mengalami proses aglomerasi (Wahyudi dkk, 2011). Stabilitas nanopartikel perak terutama ketika nanopartikel tersebut dikarakterisasi dan diaplikasikan ke dalam sebuah produk memegang peranan penting. Secara umum, preparasi nanopartikel logam dilakukan dengan mereduksi ion logam dengan agen pereduksi dan agen protektif untuk menstabilkan nanopartikel (Haryono dkk, 2008).

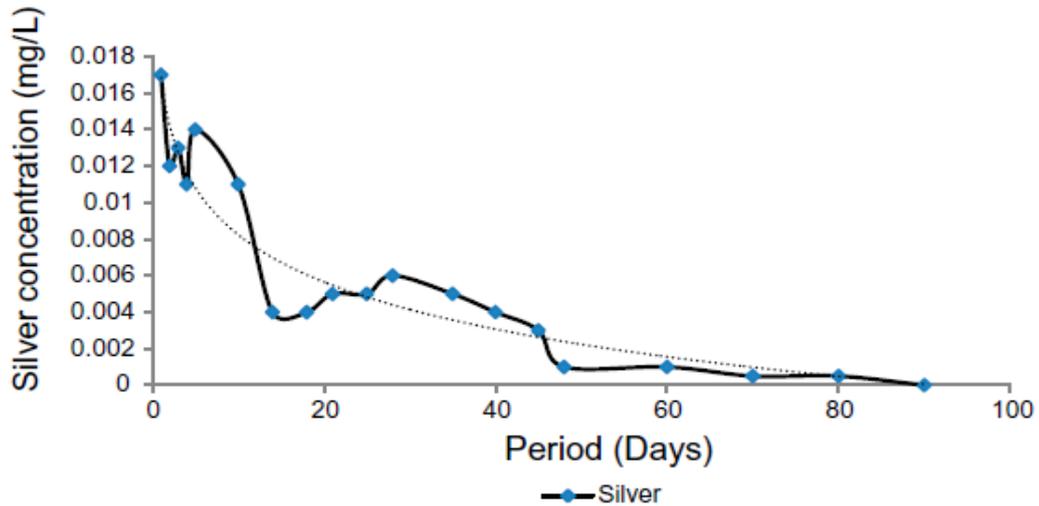
Sintesis nanopartikel perak yang sering dilakukan yaitu reduksi kimia oleh reduktor natrium sitrat atau natrium borohidrat. Metode ini dilakukan oleh Mailu (2010), yaitu melakukan sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan perak nitrat (AgNO_3) 1×10^{-3} M sebagai garam perak dan natrium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) sebagai zat pereduksinya. Reduktor yang digunakan pada penelitian Anshari (2011) terdiri dari trisodium sitrat (kuat), asam askorbat (sedang), dan asam sitrat (lemah). Pada penelitian tersebut, warna koloid yang dihasilkan dengan reduktor trisodium sitrat (kuning), asam askorbat (krem kekuningan), dan asam sitrat (krem). Hal ini menunjukkan bahwa trisodium sitrat mampu menghasilkan nanopartikel yang paling baik. Keuntungan metode reduksi dibandingkan metode lainnya menurut Chou dan Lu (2008) adalah:

1. Mudah dilakukan
2. Biaya Murah
3. Peralatan yang digunakan sederhana
4. Cocok digunakan untuk skala kecil

2.4 Lama Waktu Nanopartikel Perak Melapisi Media Disinfeksi

Penelitian mengenai kinerja disinfeksi jangka panjang pada membran berlapis nanopartikel perak dilakukan oleh Mecha dkk. (2015). Membran berlapis nanopartikel perak pada penelitian ini dioperasikan pada jangka waktu 90 hari dengan proses penyaringan terus-menerus (24 jam sehari), yang diterjemahkan menjadi 2.160 jam operasi, dengan waktu 63 hari (1.512 jam) tidak ada *E.coli* terdeteksi. Hal ini berkorelasi dengan hilangnya kadar perak dari membran yang hampir 0 mg/L setelah 60 hari beroperasi terus-menerus. Secara keseluruhan,

penelitian ini berhasil mengevaluasi kinerja jangka panjang disinfeksi sesuai dengan grafik pada gambar berikut :



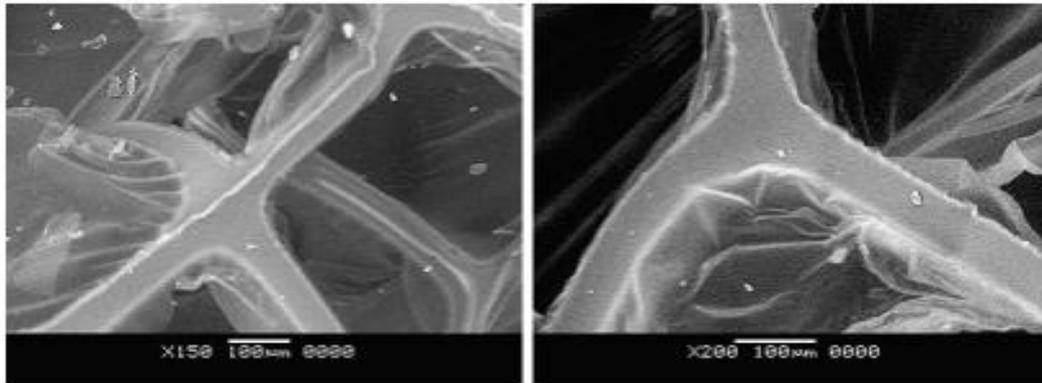
Sumber: Mecha dkk, 2014.

Gambar 2. 2 Grafik Kinerja Jangka Panjang Disinfeksi

Oleh karena itu, filter ini sebenarnya dapat digunakan untuk jangka waktu yang lebih lama selama penggunaan normal jika tidak dibiarkan berjalan sepanjang hari, kecuali hanya ketika rumah tangga membutuhkan air untuk minum dan memasak. Misalnya, jika digunakan selama 4 jam per hari, maka rumah tangga dapat menggunakannya selama satu tahun lebih (1.512 jam dibagi dengan 4 jam per hari diterjemahkan menjadi 378 hari penggunaan). Dengan demikian, periode harian penggunaan akan sangat menentukan umur dari filter.

2.5 Media Preparasi Nanopartikel Perak

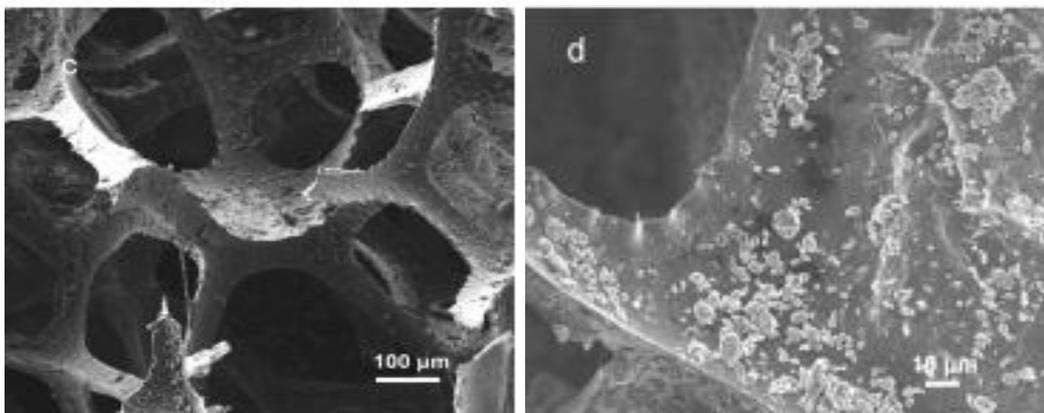
Pada penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa macam media preparasi nanopartikel perak. Menurut Jain dan Pradeep (2005), mereka melakukan preparasi nanopartikel perak pada spons poliuretan. Berdasarkan penelitian tersebut, diperoleh hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) preparasi nanopartikel perak pada **Gambar 2.3**.



Sumber: Jain dan Pradeep,2005.

Gambar 2. 3 Hasil SEM Preparasi Nanopartikel Perak Pada Spons Poliuretan

Preparasi nanopartikel perak juga dilakukan pada spons melamin pada penelitian Deng, dkk. (2017). Pada penelitian ini dilaporkan bahwa spons melamin mampu meremoval bakteri lebih dari 99%. Hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) preparasi nanopartikel perak spons melamin pada **Gambar 2.4**.



Sumber: Deng dkk, 2017.

Gambar 2. 4 Hasil SEM Preparasi Nanopartikel Perak Pada Spons Melamin

Berdasarkan **Gambar 2.3** dan **Gambar 2.4** memperlihatkan bahwa nanopartikel perak menempel pada spons poliuretan dan spons melamin berupa partikel-partikel putih yang tidak berukuran sama dan tidak merata. Pada spons poliuretan tidak begitu terlihat partikel-partikel atau bintik-bintik putih nanopartikel perak pada permukaan spons, dikarenakan karakteristik dari spons poliuretan yang

memiliki pori-pori yang cukup besar. Pori-pori ini menyebabkan nanopartikel perak masuk ke dalamnya dan tidak menempel pada permukaan spons poliuretan.

Pada **Tabel 2.4** memperlihatkan berbagai jenis media yang dapat dilakukan preparasi menggunakan nanopartikel perak. Rata-rata keseluruhan media yang telah dilakukan pelapisan nanopartikel perak memiliki nilai removal bakteri 92 % hingga 100 %.

Tabel 2. 4 Media Preparasi Nanopartikel Perak

Jenis Material		LRV	% Removal	Referensi
Keramik				
Material (lempung Indonesia)	Keramik dari	3		Rayner J, Zhang H, Schubert J, Lennon P, Lantagne D, Oyanedel Craver V (2013)
Material (lempung Tanzania)	Keramik dari	2,8		Laboratory investigation into the effect of silver application on the bacterial removal efficacy of filter material for use on locally produced ceramic water filters for household drinking water treatment. ACS Sustain Chem Eng 1:738–745
Material (lempung Nicaraguan)	Keramik dari	2,5		
Material (campuran dan serbuk gergaji)	Keramik lempung		92	Kallman EN, Oyanedel-Craver VA, Smith JA (2011) Ceramic filters impregnated with silver nanoparticles for point-of-use water treatment in rural Guatemala. J Environ Eng 137:407–415
Filter (campuran tanah, 10% dan 50% grog)	Keramik 40% tepung,		97,8 - 100	Oyanedel-Craver V, Smith JA (2008) Sustainable colloidal-silver-impregnated ceramic filter for point-of-use water treatment. Environ Sci Technol 42:927–933
Membran Polimer				
Polyethersulphones			100	Diagne F, Malaisamy R, Boddie V, Holbrook D, Eribo B, Jones KL (2012) Polyelectrolyte and silver nanoparticle modification of microfiltration membranes to mitigate organic and bacterial fouling. Environ Sci Technol 46:4025–4033
Polysulphone		4		Zodrow K, Brunet L, Mahendra S, Li Q, Alvarez P (2009) Polysulfone ultrafiltration membranes impregnated with

		silver nanoparticles improve biofouling resistance and virus removal. <i>Water Res</i> 43:715–723
Spons Polyurethan	100	Jain P, Pradeep T (2005) Potential of silver nanoparticle-coated polyurethane foam as an antibacterial water filter. <i>Biotechnol Bioeng</i> 90:59–63
Limbah Agriculture		
Abu Sekam Padi	1,7	He D, Ikeda-Ohno A, Boland DD, Waite TD (2014) Synthesis and characterization of antibacterial silver nanoparticle impregnated rice husks and rice husk ash. <i>Environ Sci Technol</i> 47:5276–5284
Fiber		
Sintetis Fiber	100	Chen SX, Liu JR, Zeng HM (2005) Structure and antibacterial activity of silver-supporting activated carbon fibers. <i>J Mater Sci</i> 40:6223–6231
Natural Fiber (pure cellulose paper)	8,7	Dankovich TA, Gray DG (2011) Bactericidal paper impregnated with silver nanoparticles for point-of-use water treatment. <i>Environ Sci Technol</i> 45:1992–1998

Sumber : Praveena dan Aris, 2015.

2.5.1 Spons *Luffa Cylindrica*

Spons *Luffa Cylindrica* yang juga dikenal dengan serat oyong/gambas adalah sistem vascular berserat yang membentuk buah matang ketika dikeringkan. Berdasarkan **Tabel 2.5** *Luffa Cylindrica* adalah anggota dari keluarga *cucurbitaceouse* membutuhkan suhu musim panas yang hangat dan musim tumbuh *frost-free* yang lama ketika tumbuh di daerah beriklim. Sulit untuk menetapkan akurasi daerah asli spesies gambas ini berasal. *Luffa Cylindrica* merupakan tanaman subtropis yang berlimpah di Asia, Amerika Tengah, dan Amerika Selatan. Serat dari spons *Luffa Cylindrica* terdiri dari 65,5% selulosa, 17,5% hemiselulosa, dan 15,2% lignin (Liu dkk, 2016).

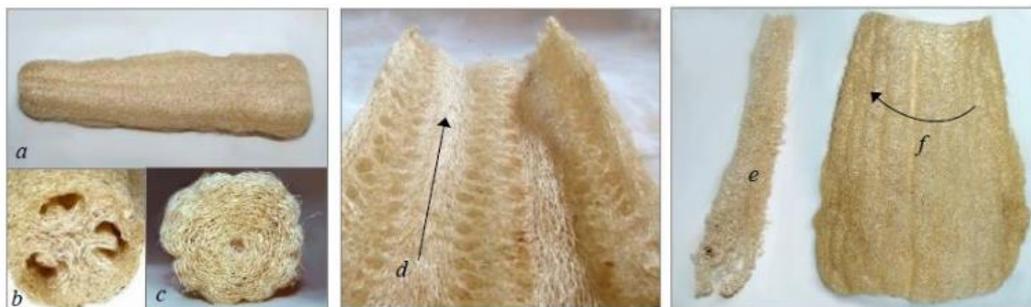
Pada **Gambar 2.5** memperlihatkan bahwa spons *Luffa Cylindrica* strukturnya lembut dan non-*scratching* serta memiliki pori-pori yang cukup besar

sehingga cocok sebagai sikat untuk mencuci kain, membersihkan kaca dan porselen. Spons ini mampu kembali ke bentuk aslinya setelah mengalami penekanan kebawah. Selain itu, spons *Luffa Cylindrica* memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi, sehingga cocok sebagai penyerap, misalnya mengurangi warna keruh pada air limbah (Nat, 2012). Taksonomi dari *Luffa Cylindrica* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Taksonomi *Luffa Cylindrica*

KINGDOM	Plantae
DIVISION	Mangoliophyta
CLASS	Mangoliosida
ORDO	Curcubitales
FAMILY	Curcubitaceae
GENUS	Luffa
SPECIES	Cylindrica

Sumber: Nat, 2012.



Sumber: Quinaya dan D'almeida, 2017.

Gambar 2. 5 Spons *Luffa Cylindrica* a) tampak samping. b) tampak depan dengan potongan. c) tampak depan dipotong. d) permukaan bagian dalam. e) inti tengah. f) permukaan luar

Buah *Luffa Cylindrica* memiliki daun berbentuk oval lima sampai tujuh lobus, bergerigi, menumpuk dan berwarna hijau gelap dengan panjang 13-30 cm. *Luffa Cylindrica* berukuran panjang 10-30 cm dan lebar 5-25 cm. Bentuk buah

Luffa Cylindrica biasanya silinder, kadang-kadang bergaris dan berwarna hijau pucat. Bunga *Luffa Cylindrica* berwarna kuning dan mekar pada bulan Agustus-September. Penelitian sudah membuktikan bahwa spons *Luffa Cylindrica* memiliki aspek biosorpsi logam berat (Adie dkk, 2013).

2.6 Pelapisan (Coating) Nanopartikel Perak

Coating merupakan proses pelapisan suatu material ke permukaan suatu objek. Material yang biasa digunakan pada suatu proses pelapisan adalah nanopartikel perak. Ariyanta, dkk. (2014) melakukan proses pelapisan nanopartikel perak pada kain pembalut luka. Pada penelitian tersebut kain pembalut luka dipotong dengan ukuran 3 cm x 3 cm, kemudian dicuci, disterilkan, dan dikeringkan. Kain pembalut luka tersebut direndam pada koloid nanopartikel perak selama variasi rendaman 12 jam, 24 jam, dan 36 jam sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian kain pembalut luka tersebut dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70 °C selama 5 menit.

Proses pelapisan nanopartikel perak juga dilakukan Jain dan Pradeep (2005) pada spons poliuretan. Spons poliuretan pada penelitian ini dipotong 20 cm x 25 cm dan direndam pada larutan nanopartikel perak semalaman. Kemudian spons poliuretan dibilas dengan *aquadest* berulang kali. Spons poliuretan dikeringkan menggunakan oven.

2.7 Tinjauan Mikrobiologi

2.7.1 Total Coliform

Total coliform adalah suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator pencemaran pada air minum dan air limbah. Total coliform dibagi menjadi dua golongan, yaitu *fecal coliform* dan *non-fecal coliform*. *Fecal coliform* berasal dari tinja manusia, hewan berdarah panas, seperti *Escherichia Coli*. Sedangkan *non-fecal coliform* bukan berasal dari tinja manusia, namun berasal dari hewan atau tanaman yang sudah mati, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* (Pakpahan,2015).

2.7.2 *Escherichia coli*

Bakteri *E. coli* merupakan mikroorganisme yang digunakan sebagai indikator adanya pencemaran air oleh tinja. Bakteri ini termasuk kelompok gram negatif berbentuk batang pendek yang memiliki panjang sekitar 2 μm , diameter 0,7 μm , lebar 0,4-0,7 μm dan bersifat anaerob fakultatif. *E. coli* pada pertumbuhannya membentuk koloni yang bundar, cembung, dan halus dengan tepi yang nyata (Tristyanto, 2016). Klasifikasi dari *E. coli* adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 6 Klasifikasi Bakteri *Escherichia Coli*

KINGDOM	Bacteria
FILUM	Proteobacteria
CLASS	Gamma Proteobacteria
ORDO	Enterobacteriales
FAMILY	Enterobacteriaceae
GENUS	Escherichia
SPECIES	Escherichia coli

Suhu optimum pertumbuhan bakteri *E. coli* adalah 30-37 °C. Umumnya bakteri *E. coli* berwarna putih, kadang-kadang berwarna putih kekuningan, coklat keemasan, jingga kemerahan atau merah dengan karakter berombak-ombak, basah dan homogen (Anshari, 2011).

2.7.3 Uji Disinfeksi

Pengukuran aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah metode *Most Probable Number* (MPN). Metode MPN digunakan untuk menghitung jumlah mikroba tertentu yang terdapat diantara campuran mikroba lain. Pada metode MPN digunakan medium cair di dalam tabung reaksi. Perhitungan jumlah bakteri berdasarkan jumlah tabung reaksi yang positif dapat dilihat dengan mengamati timbulnya kekeruhan atau terbentuknya gas di dalam tabung kecil (tabung durham). Prinsip utama metode ini adalah mengencerkan sampel sampai tingkat tertentu, sehingga didapatkan konsentrasi

mikroorganisme yang sesuai dan jika di tanam dalam tabung reaksi menghasilkan frekuensi pertumbuhan tabung positif (Tristyanto, 2016).

Beberapa pengujian yang digunakan dalam metode MPN adalah sebagai berikut:

1. Uji perkiraan (*Presumptive Test*)

Pada pengujian ini digunakan tabung reaksi yang berisi media *Lactosa Broth* (LB) ganda dan tunggal dan tabung durham pada posisi terbalik. Pada media ini diinkubasi dalam waktu 48 jam, jika timbulnya gelembung dan keruh pada tabung durham maka dinyatakan positif. Sedangkan jika tidak terdapat gelembung dan keruh, maka dinyatakan negatif.

2. Uji penetapan (*Confirmed Test*)

Sampel yang dinyatakan positif pada uji perkiraan, dilanjutkan dengan menanamkan sampel pada media *Brilliant Green Lactosa Broth* (BGLB). Pada media ini diinkubasi dalam waktu 48 jam, jika timbulnya gelembung dan keruh pada tabung durham maka dinyatakan positif. Sedangkan jika tidak terdapat gelembung dan keruh, maka dinyatakan negatif.

3. Tes pelengkap (*Completed test*)

Completed test dilakukan untuk mengetahui fecal coliform atau bakteri *e. coli*. Hasil yang positif pada uji penguat dilanjutkan uji lengkap yaitu digoreskan dengan menggunakan ose ke permukaan media Endo agar dari tabung-tabung fermentasi yang positif pada tes penguat.

Tabel 2.7 Indeks *Most Probable Number* (MPN)

Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml	Jumlah TB. (+) Gas pd penanaman			Index MPN per 100 ml
3 x 10 ml	3 x 1 ml	3 x 10 ml		3 x 10 ml	3 x 1 ml	3 x 0,1 ml	
0	0	0	0	2	0	0	10
0	0	1	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	19
0	0	3	9	2	0	3	24
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6	2	1	1	20
0	1	2	9	2	1	2	25
0	1	3	12	2	1	3	30

0	2	0	6	2	2	0	21
0	2	1	9	2	2	1	26
0	2	2	12	2	2	2	31
0	2	3	16	2	2	3	37
0	3	0	9	2	3	0	27
0	3	1	13	2	3	1	33
0	3	2	16	2	3	2	38
0	3	3	19	2	3	3	44
1	0	0	4	3	0	0	29
1	0	1	7	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	49
1	0	3	14	3	0	3	60
1	1	0	7	3	1	0	46
1	1	1	11	3	1	1	58
1	1	2	15	3	1	2	72
1	1	3	18	3	1	3	86
1	2	0	11	3	2	0	76
1	2	1	15	3	2	1	95
1	2	2	19	3	2	2	116
1	2	3	23	3	2	3	139
1	3	0	15	3	3	0	190
1	3	1	19	3	3	1	271
1	3	2	23	3	3	2	438
1	3	3	27	3	3	3	1898

Sumber: Soemarno, 2000.

Penentuan jumlah mikroba dilakukan dengan mengkonversi jumlah tabung reaksi positif berdasarkan tabel indeks *Most Probable Number* (MPN) dan dikali faktor pengenceran. Untuk mengetahui efisiensi removal bakteri, dilakukan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$R (\%) = \left(\frac{C_{in} - C_{eff}}{C_{in}} \right) \times 100 \% \dots \dots \dots (2.1)$$

Efisiensi antibakteri juga dapat dilakukan perhitungan menggunakan *Log Removal Values* (LRV). *Log Removal Values* (LRV) adalah ukuran kemampuan suatu proses pengolahan untuk menghilangkan mikroorganisme patogen. LRV ditentukan dengan mengambil logaritma dari ratio konsentrasi patogen pada influen

dan effluen air dari proses pengolahan. Rumus perhitungan menggunakan *Log Removal Values* (LRV) adalah sebagai berikut :

$$LRV = \log_{10} \left(\frac{C_{in}}{C_{effl}} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Data sebuah LRV dengan nilai 1 setara dengan meremoval 90%, nilai 2 setara dengan meremoval 99%, dan nilai 3 setara dengan meremoval 99,9% dari patogen target (Water Research Australia, 2014).

2.7.4 Nanopartikel Perak sebagai Antibakteri

Studi mengenai nanopartikel perak telah dilaporkan oleh Chook dkk. (2012) sebagai antibakteri terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus Aureus* dan *Staphylococcus Epidermidis*) dan bakteri gram negatif (*Escherichia Coli* dan *Salmonella Typhii*). Pada penelitian ini, nanopartikel perak (AgNPs) diuji aktivitas antibakteri terhadap bakteri tersebut di lima konsentrasi yang berbeda, yaitu 100 mg/mL, 50 mg/mL, 25 mg/mL, 12,5 mg/mL, dan 6,25 mg/mL. Air suling steril digunakan sebagai sampel kontrol. Setelah proses inkubasi, semua cawan diamati pertumbuhan bakteri koloni pada permukaan media agar. Pengamatan ini dirangkum dalam **Tabel 2.8**.

Tabel 2. 8 Pertumbuhan Koloni Bakteri pada Sampel Uji

Bacteria	Sample concentrations (µg/ml)										Control	
	AgNP					AgGO						GO
	100	50	25	12.5	6.25	100	50	25	12.5	6.25	100	-
Gram-positive												
<i>S. aureus</i>	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>S. epidermidis</i>	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Gram-negative												
<i>E. coli</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√*	√*	×	×
<i>S. typhi</i>	√	√	√	√	×	√	√	√	√	√	×	×

Berdasarkan **Tabel 2.8** diatas, nanopartikel perak pada umumnya menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap bakteri gram negatif daripada bakteri gram positif. AgNPs efektif menghambat pertumbuhan *E. coli* pada seluruh konsentrasi, namun pada penghambatan pertumbuhan *S. typhi* tidak efektif pada

konsentrasi rendah yaitu 6,25 mg/mL karena masih terdapat 69 koloni yang masih hidup. AgNPs menunjukkan efek kontras pada bakteri gram positif *S. aureus* dan *S. epidermidis*. Pertumbuhan *S. epidermidis* di hambat oleh AgNP pada konsentrasi 100 dan 50 mg/mL , tetapi tidak pada konsentrasi yang lebih rendah. Perbedaan struktural antara bakteri gram positif dan bakteri gram negatif menyebabkan terjadinya perbedaan dalam aktivitas antibakteri. Hal ini dikarenakan bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal. Oleh karena itu, AgNPs memiliki efek antibakteri yang kuat terhadap *E. coli* daripada *S. aureus* karena bakteri gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis. Sehingga bakteri gram negatif tidak memberikan perlindungan terhadap serangan AgNPs.

Studi mengenai aktivitas nanopartikel perak yang dilapisi pada busa poliuretan (PU) telah dilakukan oleh Jain, P. dan Pradeep, T. (2005) sebagai antibakteri pada filter air. Pada penelitian ini, dilakukan kontak antara PU yang dilapisi nanopartikel perak dengan air selama 5 menit dan 10 menit. Setelah dilakukan kontak, tidak ada bakteri yang terdeteksi dalam air yang diolah. Untuk kedua strain *E. coli* , jumlah keluaran adalah nol untuk semua pengenceran. Sedangkan pada kontrol (PU murni), air yang diolah menunjukkan pertumbuhan bakteri yang cukup besar. Pada sampel air masukan (input) menunjukkan pertumbuhan berlebih hampir di setiap penelitian. Tidak ada bakteri *E. coli* dalam air keluaran setelah melewati busa poliuretan yang dilapisi nanopartikel perak pada tingkatan aliran kontinu dan konstan yaitu 0,5 L/menit. Hal ini dilakukan untuk beban masukan dari 1×10^3 dan 1×10^5 CFU/mL.

Tabel 2. 9 Diameter Zona Inhibisi

<i>E. coli</i> concentration (CFU/100 mL)	Zone of inhibition on uncoated membranes (mm)	Zone of inhibition on AgNPs-coated membranes (mm)
40,000	0	7
50,000	0	5
63,310	0	4

Penelitian aktivitas antibakteri menggunakan uji difusi disk oleh Mecha dkk. (2015) ditemukan bahwa perbedaan dalam ukuran zona inhibisi dikarenakan perbedaan konsentrasi *E. coli* yang digunakan. Pada **Tabel 2.9** konsentrasi *E. coli*

terendah mengakibatkan zona inhibisi terbesar (7 mm), sedangkan konsentrasi *E. coli* tertinggi mengakibatkan zona inhibisi terkecil (3 mm). Zona inhibisi disekitar membran yang dilapisi nanopartikel perak adalah indikasi efek antimikroba.

2.7.5 Mekanisme Antibakteri oleh Nanopartikel Perak

Nanopartikel perak melekat pada permukaan membran bakteri mengganggu permeabilitas dan kemampuan respirasi selama interaksi terjadi. Nanopartikel perak memiliki kecenderungan yang lebih tinggi untuk bereaksi dengan fosfor dan senyawa belerang di dalam bakteri seperti membran dan DNA, yang menyebabkan bakteri kehilangan kemampuan untuk mereplikasi. Selain itu, ion perak pada nanopartikel perak menyebabkan kerusakan pada komponen utama bakteri, seperti peptidoglikan, DNA, dan protein. Hal ini akan mengakibatkan kegagalan fungsi dari sistem replikasi bakteri (Chook dkk, 2012).

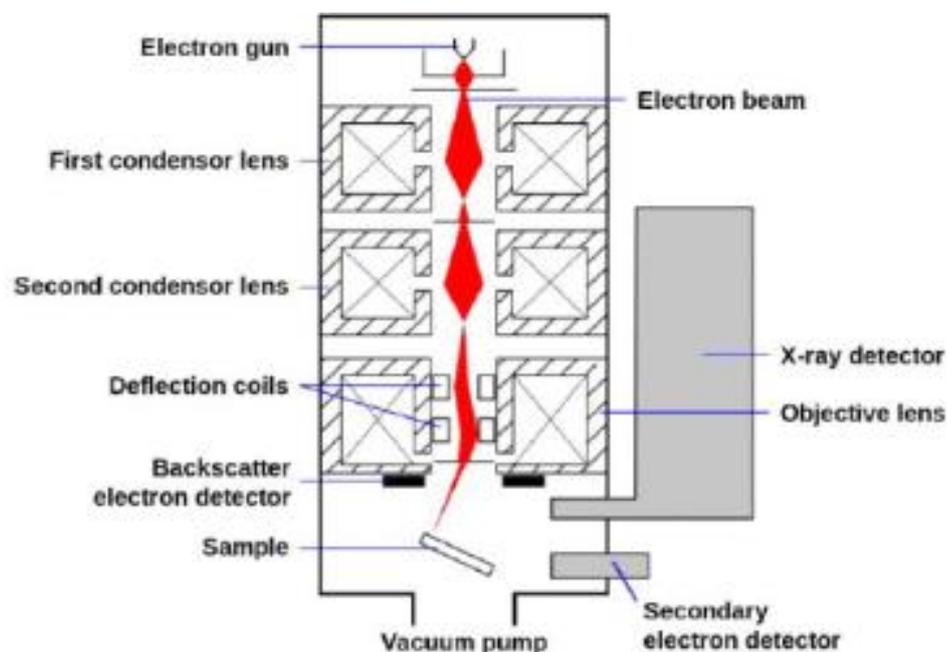
Antibiotik resisten terhadap strain bakteri yang dipengaruhi oleh perak. Selama bertahun-tahun, telah diketahui bahwa ion perak menunjukkan efek inhibisi yang kuat terhadap bakteri. Mekanisme antibakteri oleh nanopartikel perak menurut Li dkk. (2008) meliputi:

1. Adanya proses adhesi yang mengubah sifat membran pada permukaan bakteri. Ukuran nanopartikel yang kecil dan memiliki luas permukaan besar mampu melakukan kontak dengan permukaan mikroorganisme.
2. Nanopartikel perak masuk kedalam sel bakteri dan menyebabkan DNA rusak.
3. Nanopartikel perak melepaskan ion Ag^+ dan berinteraksi dengan protein yang mengandung sulfur pada dinding sel bakteri. Kemudian ion Ag^+ terlarut berinteraksi dengan dinding sel dan protein sitoplasma.
4. Ion perak menyebabkan ion K^+ dari bakteri hilang, dan kemudian plasma bakteri atau membran sitoplasma yang terasosiasi dengan beberapa enzim dan DNA menjadi target ion perak.
5. Ketika pertumbuhan bakteri terhambat, ion perak terdeposisi ke dalam vakuola dan dinding sel seperti granula. Ion perak menghambat divisi sel dan merusak membran dan isi sel bakteri.

2.8 Karakterisasi Nanopartikel Perak

2.8.1 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron *Microscopy* (SEM) adalah metode penelitian struktur permukaan sampel. Instrumen ini memberikan kedalaman bidang yang besar, yaitu area sampel mampu di lihat dalam fokus yang cukup besar. SEM memiliki keuntungan berupa kisaran pembesaran yang relatif luas. Gambar-gambar yang dihasilkan instrumen ini muncul dalam bentuk tiga dimensi, sehingga lebih menarik bagi mata manusia dan mempermudah peneliti untuk analisis (Stadlander, 2007). *Scanning Electron Microscopy* (SEM) memberikan informasi permukaan detail dengan menelusuri sampel dalam pola raster dengan berkas elektron.



Sumber: Stadlander, 2017.

Gambar 2. 6 Skema Prinsip Kerja *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

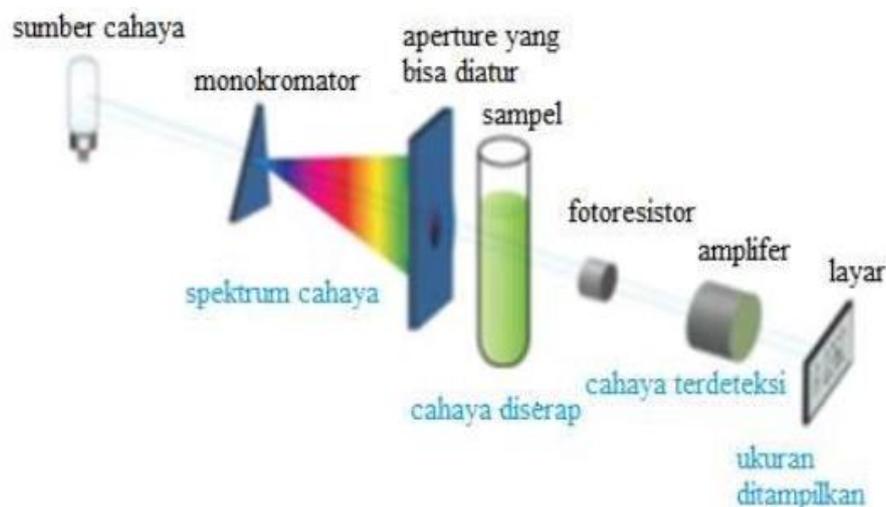
Berdasarkan **Gambar 2.6** pemindaian (*scanning*) dimulai dengan senapan elektron menghasilkan berkas elektron energik di bawah kolom dan menuju rangkaian lensa elektromagnetik. Lensa ini adalah tabung yang dibungkus dalam gulungan dan disebut sebagai solenoida. Gulungan tersebut disesuaikan untuk memfokuskan berkas elektron ke sampel yang menyebabkan fluktuasi tegangan,

meningkatkan/mengurangi kecepatan elektron bersentuhan dengan permukaan spesimen. Melalui komputer, operator SEM menyesuaikan balok elektron untuk mengontrol pembesaran serta menentukan luas permukaan yang dipindai. Pancaran difokuskan ke ruang vakum, di mana sampel padat ditempatkan. Sebagian besar sampel memerlukan beberapa persiapan sebelum ditempatkan di ruang vakum. Ketika berkas elektron kontak dengan sampel, elektron energik dilepaskan dari permukaan sampel. Pola pencar yang dibuat oleh interaksi sampel dengan berkas elektron menghasilkan informasi tentang ukuran, bentuk, tekstur, dan komposisi sampel (Choudhary dan Priyanka, 2017).

2.8.2 Spektrofotometri UV-VIS

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud dapat berupa cahaya visibel, UV dan inframerah, sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul namun yang lebih berperan adalah elektron valensi (Kusnanto, 2012). Teknik spektrofotometri sederhana, cepat, cukup spesifik, dan berlaku untuk sejumlah kecil senyawa. Hukum dasar yang mengatur analisis spektrofotometri kuantitatif adalah hukum Beer-Lambert. Hukum Beer menyatakan bahwa intensitas sinar radiasi monokromatik paralel menurun secara eksponensial dengan jumlah molekul yang menyerap. Hal ini menandakan bahwa absorbansi sebanding dengan konsentrasi Hukum Lambert menyatakan bahwa intensitas sinar radiasi monokromatik paralel menurun secara eksponensial ketika melewati medium ketebalan homogen (Behera dkk, 2012).

Spektrofotometri UV-VIS telah terbukti cukup sensitif terhadap pembentukan koloid perak yang menunjukkan puncak penyerapan yang intens karena eksitasi pada permukaan plasmon. Panjang gelombang koloid perak pada kisaran 300 nm – 700 nm. Serapan di wilayah cahaya tampak adalah 370 nm – 500 nm, dengan puncak plasmon berkisar pada 445 nm yang menunjukkan ciri khas nanopartikel perak (Sileikaite dkk, 2006).



Sumber: Herianto, 2018.

Gambar 2. 7 Skema Prinsip Kerja Spektrofotometri UV-Vis

Prinsip kerja Spektrofotometri UV-VIS adalah dengan menghitung persentase transmitansi dari sinar yang dilewatkan oleh larutan yang ingin diukur kadar unsur-unsurnya. Besar transmitansi dari larutan akan menunjukkan kadar penyusun senyawa tersebut sesuai dengan panjang gelombang yang digunakan (Herianto, 2018). Pada **Gambar 2.7** proses penyerapan cahaya terjadi ketika cahaya mengenai sampel yang sebagian akan diserap, sebagian akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan. Hal ini dikarenakan ketika cahaya dengan berbagai panjang gelombang mengenai suatu zat, maka cahaya dengan gelombang tertentu saja yang akan diserap. Jika zat menyerap cahaya tampak dan UV maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi yang disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap adalah cahaya inframerah maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul dapat hanya akan bergetar (vibrasi). Sedangkan gerakan berputar elektron terjadi pada energi yang lebih rendah lagi misalnya pada gelombang radio (Kusnanto, 2012).

2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang merujuk pada kesamaan penelitian dan dijadikan sebuah acuan dapat dilihat pada **tabel 2.6** berikut ini:

Tabel 2. 10 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	2005	Prashant Jain dan T. Pradeep	Potential of Silver Nanoparticle Coated Polyurethane Foam As an Antibacterial Water Filter	Menganalisa antibakteri pada busa poliuretan menggunakan uji standar seperti test tube dan zone of inhibition	<p>Pada penelitian ini, dilakukan kontak antara PU yang dilapisi nanopartikel perak dengan air selama 5 menit dan 10 menit.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Setelah dilakukan kontak, tidak ada bakteri yang terdeteksi dalam air yang diolah. 2. Untuk kedua strain <i>E. coli</i>, jumlah keluaran adalah nol untuk semua pengenceran. 3. Sedangkan pada kontrol (PU murni), air yang diolah menunjukkan pertumbuhan bakteri yang cukup besar. 4. Pada sampel air masukan (input) menunjukkan pertumbuhan berlebih hampir di setiap penelitian. 5. Tidak ada bakteri <i>E. coli</i> dalam air keluaran setelah melewati busa poliuretan yang dilapisi nanopartikel perak pada tingkatan aliran kontinyu dan konstan yaitu 0,5 L/menit.

2	2008	Agus Haryono, Dewi Sondari, Sri Budi Harmami, dan Muhammad Randy	Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya	Melakukan sintesis AgNP Menggunakan metode reduksi perak nitrat dengan reduktor trisodium sitrat dan melakukan karakterisasi nanopartikel perak menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i>	Pada penelitian ini, perak nitrat dilarutkan kedalam air, maka terjadi disosiasi menjadi ion perak positif (Ag^+) dan ion nitrat negatif (NO_3^-). Maka untuk mengubah ion perak positif menjadi logam perak dilakukan : 1. Reduksi menggunakan trisodium sitrat 2. Pada penelitian ini nanopartikel yang dihasilkan menjadi lebih besar dari perkiraan karena diperkirakan telah terjadi aglomerasi.
3	2012	Soon Wei Chook, Chin Hua Chia, Sarani Zakaria, Mohd Khan Ayob, Kah Leong Chee, Nay Ming Huang, Hui Min Neoh, Hong Ngee Lim, Rahman Jamal and Raha Mohd Fadhil Raja Abdul Rahman	Antibacterial Performance Of Ag Nanoparticles And AgGO Nanocomposites Prepared Via Rapid Microwave-Assisted Synthesis Method	Melakukan karakterisasi nanopartikel perak menggunakan UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200 nm-500 nm	Pada penelitian ini, pada sampel nanopartikel perak menunjukkan puncak serapan dibawah ini: 1. Pada sampel GO menunjukkan puncak serapan yang kuat pada 230 nm 2. Pada sampel AgNP dan AgGO menunjukkan puncak penyerapan yang kuat pada 418 dan 420 nm. 3. Terdapat rentang penyerapan luas untuk sampel AgGO pada 210 hingga 240 nm yang dikaitkan dengan kehadiran GO.
4	2014	Aohisa C. Mecha,	Long-term Disinfection Performance of Silver	Menganalisa Waktu <i>Leaching</i> Nanopartikel	Pada penelitian ini dioperasikan reaktor skala lab dengan

		Fredriok A. O. Otieno, dan Visvanathan L. Pillay	Nanoparticles Impregnated Membranes	Perak Pada Membran Menggunakan Uji Aliran Pada Reaktor Skala Lab	membran berukuran A4 pada jangka waktu 90 hari dengan proses penyaringan terus-menerus (24 jam sehari), yang diterjemahkan menjadi 2.160 jam operasi, dengan waktu 63 hari (1.512 jam) 1. tidak ada <i>E.coli</i> terdeteksi. Hal ini berkorelasi dengan hilangnya kadar perak dari membran yang hampir 0 mg/L setelah 60 hari beroperasi terus-menerus.
5	2014	Harits Atika Ariyanta	Preparasi Nanopartikel Perak Dengan Metode Reduksi Dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri Penyebab Luka Infeksi	Menggunakan metode reduksi perak nitrat dengan reduktor trisodium sitrat	Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel perak dengan cara memvariasikan konsentrasi reduktor yang digunakan. Hasil sintesis menunjukkan bahwa : 1. Penambahan natrium sitrat dengan konsentrasi yang semakin besar menyebabkan ukuran nanopartikel perak yang terbentuk semakin kecil. 2. Ukuran partikel yang semakin kecil belum tentu juga memiliki stabilitas yang baik. Hal tersebut disebabkan oleh suatu nanopartikel memiliki kecenderungan untuk beraglomerasi.

					3. Partikel berukuran nanometer memiliki <i>surface area</i> spesifik yang sangat besar. Pada <i>surface area</i> yang besar ikatan kimia antar partikel membentuk dipol listrik yang kuat sehingga dapat beraglomerasi.
--	--	--	--	--	--