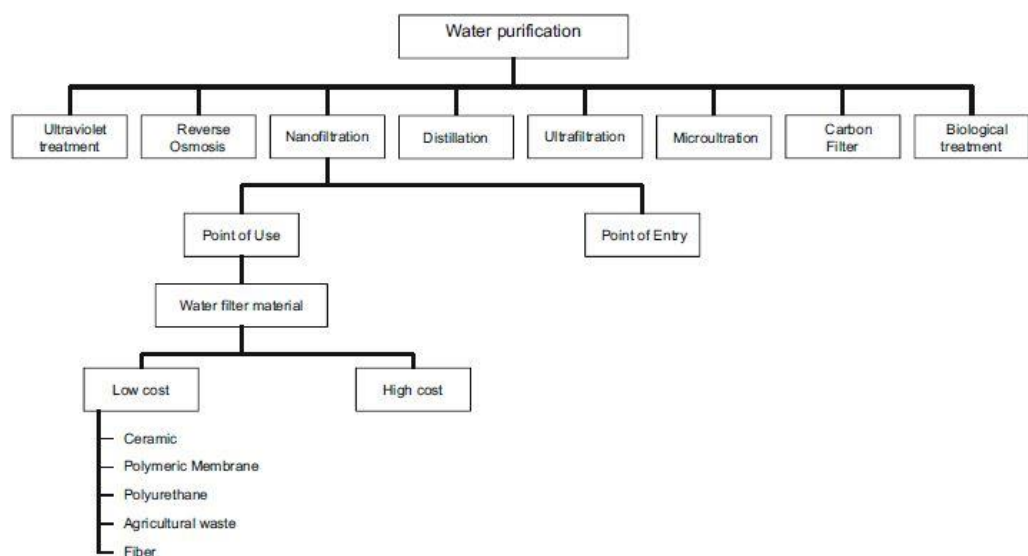


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Desinfeksi

Pada pengolahan air limbah atau air bersih, pada tahap terakhir dalam menghilangkan bakteri patogen adalah dengan melakukan proses desinfeksi. Desinfeksi merupakan proses untuk menghilangkan bakteri patogen dengan secara fisik maupun kimia. Bahan kimia yang umum digunakan dalam proses desinfeksi adalah klorin, atau dengan memaparkan sinar ultraviolet (Droste, 1997).



Gambar 2. 1 Teknologi penjernihan air

Sumber : (Praveena & Aris, 2015)

Di Indonesia peraturan mengenai baku mutu air limbah domestik diatur melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Parameter Total Coliform dengan kadar maksimum yang diperbolehkan sebesar 3000/100 ml merupakan parameter baru dalam pengolahan air limbah dibanding

dengan peraturan sebelumnya yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

**Tabel 2. 1 Baku mutu air limbah domestik**

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Kadar maksimum</b>
<b>pH</b>	-	6-9
<b>BOD</b>	mg/L	30
<b>COD</b>	mg/L	100
<b>TSS</b>	mg/L	30
<b>Minyak &amp; lemak</b>	mg/L	5
<b>Amoniak</b>	mg/L	10
<b>Total Coliform</b>	jumlah/100mL	3000
<b>Debit</b>	L/orang/hari	100

Dalam perkembangannya penggunaan nanoteknologi dalam proses desinfeksi menjadi perhatian khusus karena memiliki kemampuan yang baik dalam mengurangi bakteri. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Xia et al (2017) bahwa 0,5 g *Nanosilver diatomite* dapat membunuh lebih dari 99,99% *E.Coli* dalam waktu setengah jam. Nanopartikel perak (AgNP) juga telah banyak digunakan sebagai antibakteri untuk desinfeksi karena kelebihan dibandingkan desinfektan tradisional, seperti stabilitas kimiawi, keamanan, dan efisiensi.

**Tabel 2. 2 Nanopartikel perak dan media yang digunakan sebagai antibakteri**

<b>Material</b>	<b>Efisiensi Removal (LRV)</b>	<b>Efisiensi Removal (%)</b>	<b>Referensi</b>
<i>Ceramic</i>	1,9	99%	(Mikelonis, Lawler, & Passalacqua, 2016)
<i>Polyurethane foams</i>	-	100%	(Jain & Pradeep, 2005)

<i>Rice Husk Ash</i>	1,7	-	(He, Ikeda-ohno, Boland, & Waite, 2013)
<i>Cellulose filter paper</i>	7-8	99%-100%	(Praveena, Han, Thian, & Than, 2016)

## 2.2 Nanopartikel

Nanomaterial merupakan bahan atau material berukuran sangat kecil yaitu 1-100 nm. Sifat-sifat bahan yang berskala nano mempunyai karakteristik katalisi, adsorpsi, dan reaktivitas yang tinggi. Oleh karena karakteristik tersebut, nanomaterial dikembangkan untuk diaplikasikan dalam bidang adsorpsi, membran, katalisis, medis, desinfeksi, pengindraan dan biologi (Choerudin, 2017).

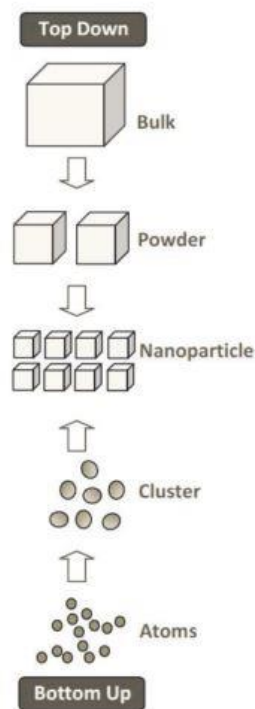
Nanopartikel dapat memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*). Dengan ukuran yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan luas permukaan dan volume yang lebih besar dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Sehingga membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain. Selain itu ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum (Abdullah et al., 2008). Stabilitas nanopartikel memegang peranan yang sangat penting terutama ketika nanopartikel tersebut dikarakterisasi dan diaplikasikan ke dalam sebuah produk (Haryono et al., 2008).

Nanopartikel memiliki keterbatasan, penanganan fisik nanopartikel sulit dilakukan karena ukuran nanopartikel yang kecil sehingga luas permukaan tinggi dan dapat menyebabkan partikel mudah teraglomerasi (Lee & Lee, 2008). Selain itu beberapa nanomaterial juga menunjukkan dampak negatif pada kesehatan dan lingkungan baik akibat paparan langsung atau melalui produk konsumen. Nanopartikel mungkin memiliki sifat bioakumulatif, mutagenik, karsinogenik, dan

efek merugikan lainnya pada flora dan fauna. Teknologi nano berkelanjutan meminimalkan risiko lingkungan dan kesehatan manusia yang terkait dengan nanomaterial dan mendorong penggantian bahan yang ada dengan nanomaterial baru yang ramah lingkungan (Ahmad, Tripathy, & Mishra, 2016).

Penggunaan nanopartikel dalam proses pengolahan air dan air limbah terdapat beberapa kekurangan. Nanopartikel akan membentuk agregat dalam sistem terfluidisasi sehingga menyebabkan adanya *pressure drop*, pemisahan nanopartikel dari sistem pengolahan masih sulit menyebabkan kurang ekonomis, dan dampak penggunaan nanopartikel dalam proses pengolahan air dan air limbah belum banyak dipahami (Zhang et al., 2016).

Dalam mensintesis nanopartikel terdapat dua metode secara umum yaitu metode *top-down* dan metode *bottom-up*. 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, elektrokimia, radiasi, fotokimia, abrasi laser dll. Nanopartikel yang dibuat dengan metode *bottom-up* memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan metode *top-down* (Haryono et al., 2008).



Gambar 2. 2 Sintesis nanopartikel secara umum

(Zewde et al., 2016)

Tabel 2. 3 Metode sintesis nanopartikel

<b>Metode</b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Referensi</b>
<b><i>Evaporation condensation</i></b>	Bahan baku padat diuapkan di bawah vakum tinggi, dan molekul fase uap dikondensasi untuk menghasilkan nanopartikel yang solid.	<100 nm	(Swihart, 2003)
<b><i>Electrochemical</i></b>	Lembaran logam yang digunakan sebagai anoda sehingga teroksidasi untuk menghasilkan ion logam yang berkurang pada katoda atau dalam larutan elektrolit ke Nanopartikel	2-20 nm	(Reetz & Helbig, 1994)

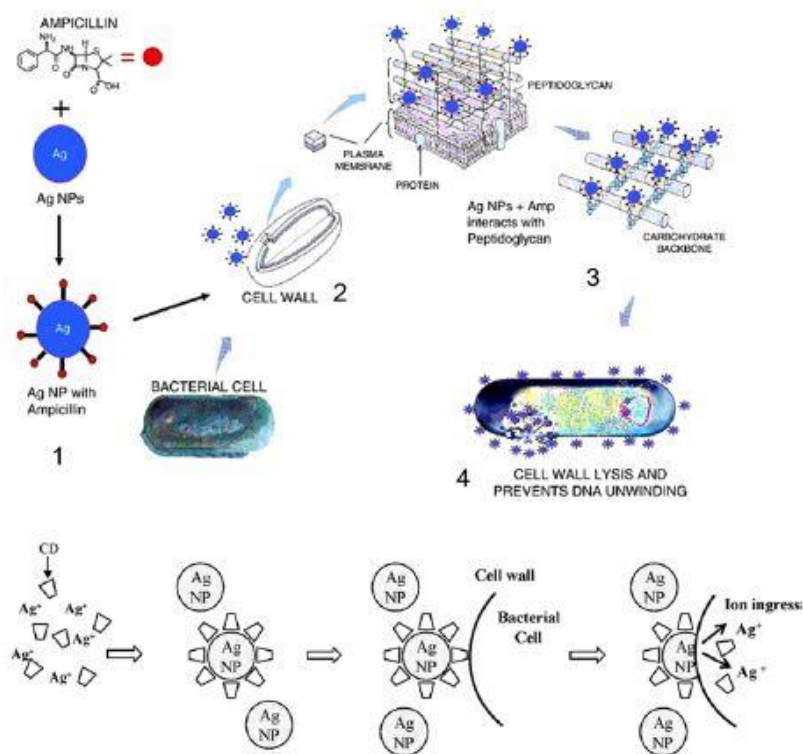
<b><i>Chemical reduction</i></b>	Larutan garam perak direduksi oleh agen pereduksi anorganik atau organik	2-25 nm	(Gebregeorgis, Bhan, Wilson, & Raghavan, 2013)
<b><i>Biological</i></b>	Penggunaan bahan alami untuk mengurangi, menyamakan, dan menstabilkan seperti jamur, bakteri, ekstrak tumbuhan	5-50 nm	(Kalishwaralal, Deepak, Ramkumarpanidian, Nellaiah, & Sangiliyandi, 2008)
<b><i>laser ablation</i></b>	Penguapan bahan oleh sinar pulsa. Bahan yang menguap dikondensasikan dan menghasilkan nanopartikel	1-5 nm	(Amendola et al., 2007)
<b><i>Microwave assisted synthesis</i></b>	Medan listrik yang diakibatkan oleh microwave menghasilkan panas lokal untuk nukleasi homogen, dan memacu pertumbuhan kristal cepat dari Nanopartikel	50-130 nm	(Yin, Yamamoto, Wada, & Yanagida, 2004)
<b><i>Micro-emulsion</i></b>	Emulsi mikro dari garam logam dan zat pereduksi dicampur untuk menghasilkan Nanopartikel	0,5-7 nm	(Solanki & Murthy, 2010)

### 2.3 Nanopartikel Perak (AgNP)

Nanopartikel (NP) dapat didefinisikan sebagai partikel dengan sifat fisikokimia khas dengan setidaknya satu dimensi dalam kisaran 1-100nm. Ag NP telah ditemukan memiliki toksisitas yang sangat tinggi terhadap bakteri dan kurang berbahaya bagi manusia. Nanopartikel perak dengan ukuran 1-10 nm lebih mudah terikat pada membran sel dan masuk ke dalam bakteri, sedangkan Nanopartikel yang lebih besar tidak. sementara yang lain menunjukkan bahwa toksisitas tergantung bentuk. Selain itu, telah ditunjukkan bahwa AgNP menyebabkan peningkatan permeabilitas dan kematian sel. Efeknya lebih besar

ketika ditanam pada media agar yang padat dibandingkan dengan yang tumbuh dalam suspensi dalam media berair (Fabrega et al., 2009)

Nanopartikel perak (AgNP) merupakan zat yang bersifat antimikrobia yang efektif bagi bermacam-macam organisme termasuk bakteri patogen. Oleh karena itu, nanopartikel perak digunakan dalam proses desinfeksi pada pengolahan air maupun air limbah. Sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan dengan berbagai cara. Sintesis koloid nanopartikel perak dengan reduksi kimia dan larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) merupakan metode yang sering dilakukan karena proses yang sederhana, menggunakan senyawa pereduksi trisodium sitrat (Haryono et al., 2008). AgNP dapat berinteraksi dengan membran bakteri, yang menyebabkan kerusakan membran bakteri, yang selanjutnya akan membunuh bakteri. AgNP pertama kali menumpuk di permukaan membran bakteri, menembus ke dalam bakteri, dan akhirnya mengubah permeabilitas membran bakteri, menyebabkan kerusakan pada membran. Parameter AgNP ini meliputi ukuran, bentuk, dan permukaan yang menentukan keberhasilan dalam merusak selaput bakteri. AgNP dengan ukuran yang kecil dapat berinteraksi dengan lapisan lignin pelindung pada bakteri dengan lebih baik (K. Zheng, Setyawati, Leong, & Xie, 2018).



Gambar 2. 3 Mekanisme AgNP dalam merusak bakteri

Sumber:(K. Zheng et al., 2018)

Efek antimikroba dari nanopartikel bergantung pada bentuk nanopartikel. Menurut Pal et al., (2007) nanopartikel segitiga terpotong menunjukkan penghambatan bakteri dengan kandungan perak 1 µg. Sementara, dalam kasus nanopartikel bulat, kandungan perak total 12,5 µg diperlukan. Partikel berbentuk batang membutuhkan total 50 hingga 100 ug konten perak. Dengan demikian, nanopartikel perak dengan bentuk yang berbeda memiliki efek yang berbeda pada sel bakteri.

Konsentrasi AgNO<sub>3</sub> dalam sintesis nanopartikel perak berpengaruh terhadap ukuran partikel yang dihasilkan. Dalam penelitian (Ina Ristian et al, 2014) ditunjukkan bahwa konsentrasi AgNO<sub>3</sub> 1x10<sup>-3</sup> M merupakan konsentrasi optimum dalam sintesis nanopartikel perak dengan ukuran partikel mencapai 6,9 nm. Nanopartikel perak terbukti efisien menghambat pertumbuhan bakteri. Dalam penelitian ini 1 mL nanopartikel perak yang digunakan dalam campuran telah mereduksi 78% bakteri *Eschericia coli* dan 96,11% terhadap *Staphylococcus aureus*.



Tabel 2. 4 Reduktor sintesis nanopartikel perak

Prosedur sintesis	Reduktor	Deskripsi	Ukuran partikel	Referensi
<b>Wet Chemical</b>	NaBH <sub>4</sub>	Beberapa batch nanopartikel perak dibentuk dengan mereaksikan larutan perak nitrat dengan natrium borohidrida	13 nm	(Nzekwe, Agubata, Umeyor, Okoye, & Ogwueleka, 2017)
<b>Green Synthesis</b>	<i>Ascorbic acid</i>	Dilakukan dengan melarutkan gelatin sebagai stabilisator kemudian dilakukan penambahan larutan perak nitrat dan <i>ascorbic acid</i>	20 nm	(Chekin & Ghasemi, 2014)
<b>Chemical</b>	<i>Ammonium formate</i>	AgNO <sub>3</sub> (> 99% kemurnian) dilarutkan dalam air suling pada suhu kamar, dan kemudian larutan NH <sub>4</sub> COOH ditambahkan untuk menginduksi reduksi	20-50 nm	(Il, Nersisyan, Whan, Lee, & Hwang, 2010)
<b>Biosynthesis</b>	Daun <i>prosopis juliflora</i>	ekstrak daun <i>prosopis juliflora</i> dicampurkan dengan AgNO <sub>3</sub> dengan rasio yang berbeda	35-60 nm	(Raja, Saravanakumar, & Vijayakumar, 2012)

## 2.4 Graphene Oxide (GO)

Graphene Oxide/Oksida grafena (GO) atau asam grafitik merupakan senyawa campuran karbon, hidrogen, dan oksigen yang diperoleh melalui proses oksidasi yang kuat dari grafit. Grafena merupakan lembaran atom dua dimensi (2D) yang memiliki sifat elektronik, mekanik dan termal. Serpihan graphene merupakan cara praktis dan termurah dalam menghasilkan *graphene oxide* (GO) (Nur Suhaili Abdul Aziz et al, 2017). Oksida grafit adalah bahan berlapis yang terdiri dari lembaran graphene beroksigen hidrofilik (lembaran oksida graphene) yang mengandung gugus fungsi oksigen pada bidang dan sisi dasarnya (Dikin et al., 2007).

Metode paling umum digunakan dalam mensintesis graphene oxide adalah dengan metode hummer. Dalam penelitian Hummers & Offeman (1958) metode yang dilakukan dalam mensintesis graphene oxide yaitu dengan memperlakukan grafit dengan dasarnya campuran bebas air dari asam sulfat pekat, natrium nitrat dan kalium permanganat. Seluruh proses membutuhkan kurang dari dua jam untuk penyelesaian pada suhu di bawah 45 'dan dapat dilakukan dengan aman dengan mengamati suhu dibawah 45 derajat celcius.

Media reaksi yang paling umum untuk GO adalah air, dan ada berbagai cara untuk mendispersikan GO ke dalam air, termasuk *sonication* dan pengadukan mekanis. *Sonication* dapat mengurangi ukuran lembaran GO dari beberapa mikron hingga beberapa ratus nanometer, dan juga memperluas distribusi ukuran, dibandingkan dengan pengadukan mekanis dalam banyak aplikasi. Dispersibilitas GO dalam air biasanya pada urutan 1-4 mg / mL (Gao, 2015).

**Tabel 2. 5 Metode sintesis *graphene oxide***

Metode	Deskripsi	Referensi
<b>Brodie</b>	Asap asam nitrat ditambahkan ke dalam labu. Bubuk grafit dimasukkan ke dalam labu dan benar-benar tersebar untuk menghindari aglomerasi. Selanjutnya, kalium	(Botas et al., 2013)

---

	<p>klorat ditambahkan , dan campuran reaksi diaduk selama 21 jam pada 0 C. Perhatian khusus diperlukan selama penambahan kalium klorat karena ledakan dapat terjadi . Setelah reaksi selesai, campuran itu diencerkan dalam air suling dan vakum disaring sampai pH filtrat netral.</p>	
<b>Hummers and Offeman</b>	<p>Oksida grafit dibuat dengan melarutkan grafit dan natrium nitrat dalam kondisi ice bath, kemudian ditambahkan kalium permanganat penambahan dilakukan dengan mengontrol suhu agar tidak melebihi 20 c. Kemudian ditambahkan air dan dipanaskan pada suhu 98 c. Suspensi yang terbentuk dibersihkan dengan menambahkan hidrogen peroksida untuk mengurangi sisa permanganat dan mengoksidasi mangan.</p>	(Hummers & Offeman, 1958)
<b><i>Exfoliation</i></b>	<p>Biasanya dicapai dalam larutan cair menggunakan metode ultrasonik dengan pelarut yang berbeda. Prosedur yang khas melibatkan pemaparan bubuk grafit atau grafit oksida ke pelarut tertentu seperti DMF atau NMP,.</p>	(Bakhshandeh & Shafiekhani, 2018)
<b><i>Thermal Chemical Vapor Deposition</i></b>	<p>Kamper, digunakan untuk mensintesis graphene pada Ni foils.</p>	(Choi et al., 2010)

---

---

Kamper diuapkan pada suhu 180 ° C dan kemudian di pirolisis di tungku CVD pada suhu 700 hingga 850 ° C, menggunakan argon sebagai gas pembawa. Kemudian didinginkan pada suhu kamar, beberapa lembar *graphene* lapisan diamati pada Ni foils.

---

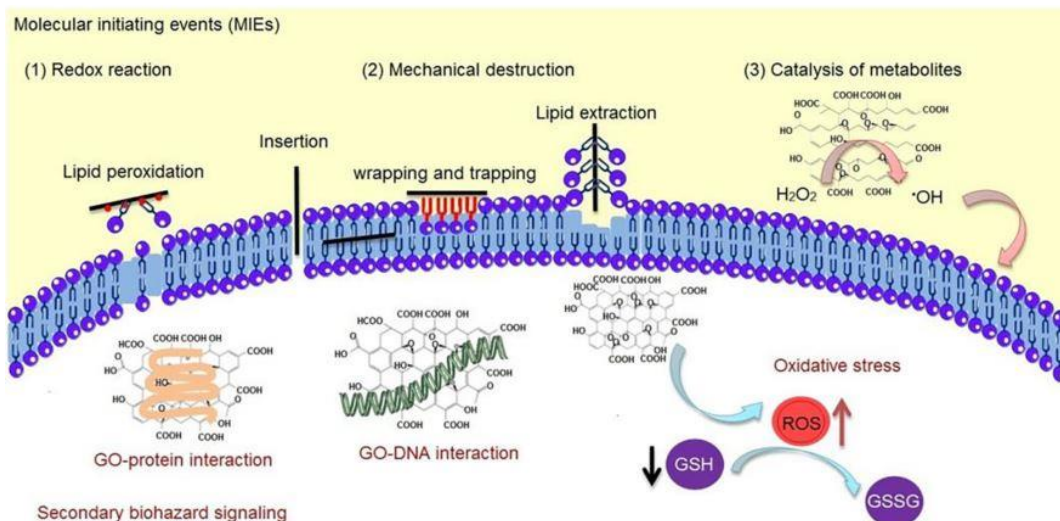
Nanokomposit digunakan sebagai material penguat, secara luas telah diakui bahwa pengolahan air dan air limbah membutuhkan bahan yang tidak beracun, stabil pada jangka panjang, dan murah. Material seperti *Graphene* banyak digunakan dalam penelitian sebagai adsorben. Dalam penelitian lebih lanjut material nano-komposit seperti *graphene* banyak digabungkan dengan nanomaterial. Kebanyakan komposit hibrida dimulai dengan *graphene oxide* (GO), yang tersedia dari grafit alam (Tesh & Scott, 2014).

Pada penelitin yang dilakukan (Shao et al., 2015) AgNP dengan ukuran monodispersi akan terdispersi dengan baik pada permukaan *Graphene oxide*. Komposit Ag-GO menunjukkan sifat sitotoksik yang rendah dan sangat efektif terhadap *E.coli* dan *S. aureus*.

Tabel 2. 6 Penurunan bakteri oleh GO/Ag-GO

Bakteri	Sampel (cfu/mL)	Survival (cfu/mL)	Reduksi (%)
E. Coli	Blank	1,33 x 10 <sup>6</sup>	-
	GO	6,40 x 10 <sup>5</sup>	51,9
	AgNP/GO	0	100
S. Aureus	Blank	6,67 x 10 <sup>5</sup>	-
	GO	2,58 x 10 <sup>5</sup>	61,3
	AgNP/GO	8,27 x 10 <sup>4</sup>	87,6

Mekanisme perusakan bakteri oleh GO menurut Zheng, H et al (2018) terdapat tiga mekanisme yaitu reaksi redoks, pengrusakan mekanis dan katalisis metabolisme ekstraseluler. Mekanisme reaksi redoks dapat terjadi ketika GO mengikat atau berinteraksi dengan membran bakteri, karbon radikal pada permukaannya dapat menginduksi peroksidasi lipid yang menyebabkan kerusakan membran dan akhirnya kematian bakteri. Pengrusakan mekanis terjadi saat GO berinteraksi dengan membran sel bakteri untuk menginduksi dan menyebabkan cedera fisik / mekanik. Mode penyisipan atau mode penetrasi GO dapat secara spontan menembus ke dalam membran sel dan menyebabkan kerusakan membran sel melalui ujung-ujungnya yang tajam, atau disebut nanoknives, pemotong, atau pisau. Pada mekanisme katalisis graphene quantum dots (GQDs) dapat mengkatalisis dekomposisi  $H_2O_2$  untuk menghasilkan OH dan selanjutnya menyebabkan kematian bakteri.



Gambar 2. 4 Mekanisme perusakan bakteri oleh GO

Sumber : (Zheng, H et al., 2018)

## 2.5 Polyurethane (PU) Sponge



- Busa fleksibel berdensitas (kepadatan) rendah yang digunakan dalam bekleding dan pelapisan,
- Busa kaku berdensitas rendah yang digunakan untuk isolasi termal dan dasbor mobil,
- Elastomer padat yang empuk yang digunakan untuk bantalan gel serta penggiling cetakan, dan
- Plastik padat yang keras yang digunakan sebagai bagian struktural dan bezel instrumen elektronik.

Untuk mempertahankan lapisan nanopartikel pada permukaan media, diperlukan media yang sesuai dan tahan lama. Poliuretan termasuk dalam kelas senyawa yang disebut polimer reaksi. Tautan karbamat diharapkan bisa mengikat permukaan nanopartikel. Pada penelitian Jain & Pradeep (2005) busa poliuretan dilapisi dengan nanopartikel perak memiliki masa pakai yang panjang karena dapat dicuci, dikeringkan dan disimpan dalam waktu lama tanpa kehilangan nanopartikel. AgNP dapat dilapisi pada busa untuk digunakan sebagai filter air antibakteri. Busa poliuretana, misalnya, mengandung gugus karbamat (-N (H) COO-) yang diharapkan dapat mengikat permukaan AgNP; menjadikannya dukungan yang baik untuk mendisinfeksi (Lalley et al., 2014).

## **2.6 Pelapisan (*Coating*)**

*Coating* merupakan proses pelapisan material ke suatu permukaan objek. Kebanyakan pelapis (baik organik, organik atau keramik) melakukan fungsi-fungsi penting. Pelapisan (*coating*) diterapkan pada permukaan untuk tujuan dekoratif, pelindung atau fungsional, atau kombinasi dari ketigannya. Pelapisan dengan tujuan fungsional menggambarkan sistem yang dimiliki, selain sifat klasik dari lapisan (yaitu, dekorasi dan perlindungan) juga memiliki fungsi tambahan. Fungsionalitas tambahan ini beragam, dan tergantung pada aplikasi sebenarnya dari substrat yang dilapisi. Contoh-contoh khas pelapis fungsional adalah membersihkan diri (*self-cleaning*), mudah dibersihkan (anti-grafiti), antifouling,

terasa lembut dan bersifat antibakteri. Pelapisan fungsional dilakukan dengan cara fisik, kimia, mekanik, termal dan lain-lain (Mathiazhagan & Joseph, 2011).

Mikroorganisme seperti bakteri, jamur atau virus merupakan ancaman potensial bagi kesehatan. *Coating* fungsional merupakan tujuan dari pelapisan diantaranya *coating* antibakteri yang memiliki fungsionalitas sebagai antibakteri. Ada tiga strategi utama untuk merancang pelapisan antibakteri menurut Cloutier et al., (2015).

1. Pelepasan agen antibakteri , *Release-based coating* yaitu proses antibakteri dengan leaching (pelepasan) senyawa antibakteri dari waktu ke waktu, yang memungkinkan membunuh bakteri planktonik yang melekat dan berdekatan. Pelepasan agen antibakteri dilakukan dengan difusi ke dalam media berair, erosi / degradasi, atau hidrolisis.
2. *Contact-Killing* , pada proses ini agen antibakteri dilekatkan pada permukaan material yang fleksibel, ikatan polimer hidrofobik. Bakteri yang melekat diyakini terbunuh karena terganggunya membran sel mereka oleh senyawa yang menempel, mencapai seluruh selubung mikroba. Mekanisme ini didasarkan pada interaksi membran, seperti gangguan fisik atau muatan, senyawa yang paling efektif untuk pelapisan ini adalah senyawa kationik (QAC, chitosan, AMPs, dll.) atau enzim.
3. Anti-Adhesi/ Penolakan bakteri, pelapisan anti-adhesi untuk mencegah tahap awal pembentukan biofilm menggunakan mekanisme non-sitotoksik. Imobilisasi permukaan molekul yang dapat menahan adsorpsi protein, seperti PEG dan zwitter, telah menunjukkan sifat anti-adhesi yang besar secara in vitro meskipun masalah stabilitas, umumnya dianggap sebagai pendekatan standar untuk pelapisan anti-adhesi.

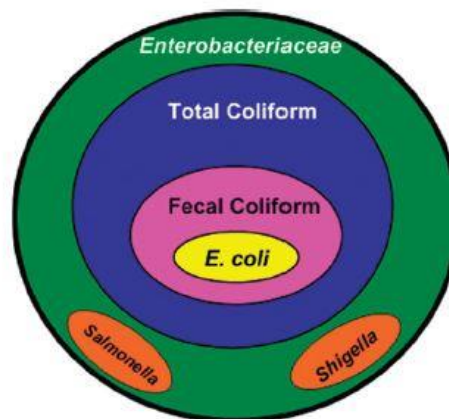
## 2.7 Uji Mikrobiologi

Salah satu indikator terjadinya pencemaran secara mikrobiologis adalah adanya bakteri *coliform* yang melebihi batas minimum atau baku mutu. Untuk itu perlu adanya pemeriksaan kandungan bakteri *coliform* di suatu perairan baik akibat aktivitas industri maupun manusia. Semakin tinggi kandungan



coliform di suatu perairan maka semakin tinggi pula kehadiran bakteri patogen lain. Hal ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia akibat dari perairan tersebut apabila sumber air ini digunakan untuk kegiatan-kegiatan manusia.

Kelompok *coliform*, yaitu mencakup *spesies Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, dan Klebsiella*, relatif mudah dideteksi. Secara khusus, kelompok ini mencakup semua bakteri aerobik dan bakteri fakultatif anaerobik, gram-negatif, nonspore, berbentuk batang yang menghasilkan gas pada fermentasi laktosa dalam media kultur yang ditentukan dalam waktu 48 jam pada suhu 35 ° C (Charles P. Geba, 2009).



**Gambar 2. 7 Ruang lingkup indikator mikrobiologi enterobacteriaceae**

Sumber:(Gerba, 2009)

Metode paling umum dalam mendeteksi coliform adalah dengan metode *Most probable number* (MPN). *The most probable number* (MPN) adalah metode untuk mendapatkan estimasi kuantitatif bakteri dalam sampel makanan atau air. Juga dikenal sebagai metode *poisson nol*, data insiden (+/- atau positif / negatif) digunakan untuk memperkirakan nilai kuantitatif dengan membiakan bagian replikasi dari sampel asli untuk menentukan ada tidaknya mikroorganisme di setiap sampel (Chandrapati, Williams, & Paul, 2014).

Metode MPN memiliki tiga tahap tes yaitu tes pendugaan (*presumptive test*), tes penetapan (*confirmed test*), dan *completed test*. Berdasarkan jurnal penelitian Atmojo et al (2011) berikut dijelaskan tahapan dalam metode MPN:

1. Tes Pendugaan (*persumptive test*)

Pada uji pendugaan digunakan media *Lactosa Broth* (LB) sebagai media untuk tumbuh bakteri. Tabung-tabung fermentasi yang menghasilkan gas pada tabung durham menunjukkan adanya bakteri coliform positif. Pada tabung-tabung fermentasi yang positif ini kemudian dilanjutkan ke uji tahapan selanjutnya yaitu tes penetapan.

2. Tes penetapan (*confirmed test*)

Tabung positif pada tes pendugaan lalu diinokulasikan pada media uji penguat *brilliant green lactose bile broth* (BGLB) sebagai media. Diinkubasikan pada suhu 37<sup>0</sup>C untuk total coliform selama 48 jam. Tabung-tabung fermentasi yang terdapat gas dalam tabung durham berarti uji penetapan positif terdapat bakteri coliform.

3. Tes lengkap (*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.

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 (R), maka langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

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

*Log Removal Values* (LRV) merupakan langkah lain dalam mengetahui efisiensi antibakteri secara kuantitatif. *Log Removal Values* (LRV) diartikan sebagai ukuran kemampuan suatu proses pengolahan dalam menghilangkan

mikroorganisme patogen. LRV ditentukan dengan mengambil logaritma dari ratio konsentrasi patogen pada influen dan effluen air dari proses pengolahan dengan langkah sebagai berikut:

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

Dengan ketentuan bahwa data LRV dengan nilai 1, 2, dan 3 secara berurutan akan setara dengan persen removal sebesar 90%, 99%, dan 99,9% dari patogen target (Water Research Australia, 2014).

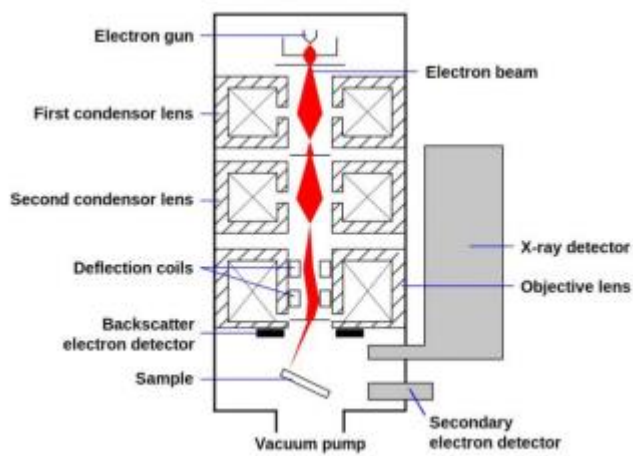
## **2.8 Karakterisasi Nanopartikel**

### **2.8.1 Scanning Electron Microscope (SEM)**

*Scanning electron microscope* digunakan untuk memperbesar rincian objek tertentu. Digunakan untuk mempelajari permukaan bahan padat. Perbedaan yang paling banyak diakui antara mikroskop optik dan elektron adalah kekuatan resolusinya masing-masing. Desain keseluruhan mikroskop elektron mirip dengan mikroskop cahaya. Dalam mikroskop elektron, cahaya diganti dengan elektron dan lensa kaca diganti dengan lensa elektromagnetik / elektrostatik. Dalam *scanning electron microscopes* (SEM), resolusi efektif sekitar 1 nm (Kaech, 2013).

*Scanning Electron Microscope* memberikan informasi permukaan detail dengan menelusuri sampel dalam pola raster dengan berkas elektron. Prosesnya dimulai dengan senapan elektron yang menghasilkan seberkas elektron di bawah kolom dan ke serangkaian lensa elektromagnetik. Lensa ini adalah tabung, dibungkus dalam gulungan dan disebut sebagai solenoida. Gulungan tersebut disesuaikan untuk memfokuskan berkas elektron ke sampel; penyesuaian ini menyebabkan fluktuasi tegangan. semua sampel harus mampu menangani tekanan rendah di dalam ruang vakum. Interaksi antara elektron dan permukaan sampel ditentukan oleh tingkat percepatan elektron , yang membawa sejumlah besar energi kinetik sebelum difokuskan ke sampel. Ketika elektron kontak dengan sampel, elektron dilepaskan dari permukaan sampel. Pola pencar yang dibuat oleh

interaksi menghasilkan informasi tentang ukuran, bentuk, tekstur dan komposisi sampel. Selain informasi topografi, morfologi dan komposisi, Scanning Electron Microscope dapat mendeteksi dan menganalisis fraktur permukaan, memberikan informasi dalam mikro, memeriksa kontaminasi permukaan, mengungkapkan variasi spasial dalam komposisi kimia, memberikan analisis kimia kualitatif dan mengidentifikasi struktur kristal (Choudhary & Ka, 2017).



Gambar 2. 8 Skema *Scanning Electrone Microscope*

Sumber:(Choudhary & Ka, 2017)



Gambar 2. 9 Visualisasi hasil SEM

Sumber:(Xia et al., 2017)

### 2.8.2 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrtofotometer UV-Vis adalah alat untuk analisa kimia kuantitatif dan semi kualitatif. Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada fenomena penyerapan sinar oleh spesi kimia tertentu di daerah ultra violet dan sinar tampak. Interaksi yang diamati adalah adanya adsorbsi pada panjang gelombang tertentu di daerah UV-Vis (Huda, 2001).

Tabel 2. 7 Adsorbansi gugus kromofor tunggal

Kromofor	$\lambda$ maksimum (nm)
<b>nitril</b>	160
<b>asetilida</b>	175 - 180
<b>ester</b>	205
<b>karboksil</b>	200 – 210
<b>aldehida</b>	210
<b>azo</b>	285 – 400
<b>nitroso</b>	302

Spektrofotometri UV-Visible dapat digunakan untuk penentuan terhadap sampel yang berupa larutan, gas, atau uap. Pada umumnya sampel harus diubah menjadi suatu larutan yang jernih Pelarut yang sering digunakan adalah air, etanol, metanol dan nheksana karena pelarut ini transparan pada daerah UV. Untuk mendapatkan spektrum UV-Vis yang baik perlu diperhatikan pula konsentrasi sampel. Hubungan antara absorbansi terhadap konsentrasi akan linier ( $A \approx C$ ) apabila nilai absorbansi larutan antara 0,2-0,8 ( $0,2 \leq A < 0,8$ ) atau sering disebut sebagai daerah berlakunya hukum Lambert-Beer dengan lebar sel 1 cm. Sinar ultraviolet (UV) mempunyai rentang panjang gelombang dari 100-400 nm, sedangkan sinar tampak (Vis) 400-750 nm, sinar dimulai dari tidak berwarna-ungu-merah (Suhartati, 2017).