

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Penelitian**

Nanopartikel (NP) didefinisikan sebagai bahan partikulat dengan objek tiga dimensi dalam skala-nano, yang mempunyai ukuran partikel dari 1 hingga 100 nm. Umumnya NP berasal dari alam dan sebagai hasil dari sumber antropogenik (Sanchi, 2013). Teknologi berbasis nano telah berkembang dalam beberapa dekade terakhir, yang didukung dengan semakin meningkatnya jumlah produk yang mengandung atau menggunakan NP sampai 25 kali lipat antara tahun 2005-2010 (Bundschuh et al. 2018). Jumlah terbesar NP yang diproduksi adalah kelompok NP yang mengandung logam (NPL) diantaranya logam valensi nol, (semi-) logam oksida, logam sulfida atau senyawa logam lainnya (Leopold et al. 2016). NP mempunyai sifat atau karakteristik yang unik seperti ukuran partikel, luas permukaan, reaktivitas permukaan, muatan dan bentuk. Hal ini menyebabkan NP dapat diaplikasikan di berbagai bidang seperti bidang kedokteran, lingkungan, industri, dan penelitian (Khan, Saeed, and Khan 2019).

Salah satu material NP yang paling banyak digunakan dalam produk komersial adalah titanium dioksida atau titania ( $\text{TiO}_2$ ).  $\text{TiO}_2$  merupakan salah satu oksida anorganik yang paling banyak digunakan dalam berbagai produk komersial secara meluas seperti pewarna atau pigmen putih, cat, plastik, kertas, tinta dan pasta gigi (Duan et al., 2010). Selain itu,  $\text{TiO}_2$  yang dikombinasikan dengan sinar ultraviolet (UV) memainkan peranan penting dalam aplikasi sterilisasi (anti bakteri) (Duncan

2011). NP TiO<sub>2</sub> mempunyai kemampuan menyerap cahaya UV yang tinggi, sehingga TiO<sub>2</sub> banyak diaplikasikan dalam produk *sunscreen* (tabir surya) (Ana, 2014; Kaegi *et al.*, 2008).

Meningkatnya penggunaan produk-nano dan produksi NP dalam industri, menyebabkan hasil rekayasa material berukuran nano ini tidak dapat dielakkan akan memasuki lingkungan. Peningkatan pelepasannya ke lingkungan harus diantisipasi terhadap potensi akumulasi dalam tanah dan air yang dapat berinteraksi dengan organisme (Spalla, Huber, Planchon, & Le, 2017; Maurer-jones, Gunsolus, Murphy, & Haynes, 2013). NP TiO<sub>2</sub> dapat memasuki lingkungan perairan melalui pelepasan secara langsung atau tidak langsung dari nano-cat, tabir surya, *lotion*, bahan tambahan makanan, penggunaan medis, pembongkaran baterai, daur ulang plastik / kaca / logam dengan pelapisan nano, dan remediasi air tanah (Brien and Cummins 2010).

NP-TiO<sub>2</sub> dalam bentuk anatase dianggap lebih toksik dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub> rutil. Bentuk anatase lebih reaktif secara kimiawi dibandingkan dengan fase rutil (Sayes *et al.* 2006). NP TiO<sub>2</sub> anatase dapat menginduksi *intracellular oxidative stress*, perubahan histopatologi, dan kerusakan sistem imun yang akan menyebabkan timbulnya berbagai penyakit seperti asma, kelainan pada saraf, penuaan, dan kanker (Al-hadi *et al.* 2014, Shakeel *et al.*, 2016). Selain menimbulkan efek toksik terhadap manusia pada konsentrasi tertentu, NP-TiO<sub>2</sub> dapat menyebabkan efek negatif terhadap lingkungan, seperti terjadinya perubahan komunitas bakteri tanah (Ge, Schimel, and Holden 2011). Sebagian besar dari NP TiO<sub>2</sub> tidak dapat terdegradasi secara biologis dan dengan demikian tetap berada

didalam lingkungan (di tanah, air dan udara). Hal ini akan mengakibatkan pada perubahan pH, salinitas, kandungan organik alami dan bio dari tanah dan air, sehingga komunitas lingkungan hidup dan fauna secara langsung dapat terpengaruh oleh pelepasan NP tersebut(Samanta and Mandal 2017).

Sungai Citarum merupakan salah satu sungai yang menunjang kehidupan sebagian besar masyarakat Jawa Barat. Selain menjadi sumber air baku untuk air minum, Sungai Citarum juga merupakan sumber air irigasi untuk ratusan ribu hektar sawah serta pembangkit listrik untuk Pulau Jawa dan Bali. Saat ini status Sungai Citarum merupakan sungai yang tercemar berat. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya pencemaran, diantaranya adalah tingginya aktivitas domestik dan industri di pinggiran sungai. Jenis cemar sungai citarum meliputi limbah industri, limbah yang berasal dari pertanian, peternakan dan perikanan, serta limbah domestik baik limbah cair maupun sampah organik(Kirana 2019; Juniarti 2020).

Pratiwi *et al.* (2020) telah melakukan identifikasi, karakterisasi dan kuantifikasi NP-TiO<sub>2</sub> dalam sampel air dan sedimen buangan pabrik cat dan kosmetik yang ada di salah satu wilayah hulu sungai Citarum (Kab. Bandung Barat). Sampel sedimen di lokasi outlet pabrik dan di sungai, memiliki konsentrasi NP-TiO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel airnya. Hal ini menunjukkan bahwa NP-TiO<sub>2</sub> di lingkungan akan mudah teraglomerasi dengan komponen lainnya di sungai sehingga menyebabkan terendapkannya NP-TiO<sub>2</sub> di dasar sungai.

Pada saat NP-TiO<sub>2</sub> memasuki lingkungan perairan, yang pertama terpengaruh oleh efek toksik NP tersebut adalah mikroorganismenya. Keberadaan mikroorganismenya

ini sangat penting dalam pemeliharaan ekosistem yang berkelanjutan. Ekosistem air tawar memiliki keragaman mikroorganisme yang besar, termasuk bakteri, archaea, jamur dan protista. Mikroorganisme menjadi agen utama transformasi awal bahan organik, regenerasi nutrisi serta sumber makanan untuk tingkat trofik yang lebih tinggi sehingga bisa disebut mikroorganisme memainkan peranan penting dalam ekosistem (Pagnout et al. 2012). Beberapa jenis bakteri pengurai, mampu memecah bahan organik menjadi nitrat, fosfat, dan nutrisi penting lainnya (Benson et al. 2019; Erdem et al. 2015). Mikroorganisme bukan hanya dianggap sebagai reseptor yang diperlukan untuk mempelajari ekologi-toksikologi nano (Holden et al. 2012), tetapi dapat juga memfasilitasi skrining toksikologi miniatur untuk identifikasi bahaya cepat (Nel et al. 2013).

Hasil penelitian pendahuluan terkait identifikasi kelimpahan dan keragaman bakteri dengan NGS (yang dilakukan oleh tim LIPI - UNPAD), menunjukkan bahwa *Proteobacteria* di sedimen sektor 8 Citarum teridentifikasi dengan kelimpahan yg cukup. *Proteobacteria* merupakan salah satu kelompok bakteri yang dominan di air tawar, dan juga umumnya mendominasi dalam sedimen waduk dan danau (Cheng et al. 2014). Namun, komposisi kelas *Proteobacteria* dapat berbeda dalam sedimen dari reservoir yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan (Jong et al. 2018), diketahui bahwa kelimpahan bakteri di sedimen pada wilayah yang tercemar lebih rendah dibandingkan dengan hulu dan didominasi oleh proses anaerobik. Filum bakteri *Proteobacteria* mendominasi di perairan Sungai Citarum hulu, yaitu *Beta-* dan *Deltaproteobacteria*, dan wilayah yang tercemar didominasi oleh *Alpha-* dan *Gammaproteobacteria*. Salah satu genus yang

termasuk ke dalam *Proteobacteria* adalah genus *Pseudomonas*. *Pseudomonas* mempunyai peranan di dalam lingkungan terutama dalam proses bioremediasi dalam pencemaran lingkungan. (He et al. 2019; Michalska et al. 2020; Wasi, Tabrez, and Ahmad 2013)

Seperti tersebut diatas bahwa NP-TiO<sub>2</sub> anatase secara luas sudah digunakan sebagai bahan aditif dalam banyak produk komersial. Banyaknya sumber pencemaran NP- TiO<sub>2</sub> anatase besar kemungkinan material tersebut masuk ke badan air. NP-TiO<sub>2</sub> mempunyai kecenderungan untuk beraglomerasi, mengendap, dan terakumulasi dalam sampel sedimen. Sedangkan dalam sedimen, terdapat banyak bakteri yang merupakan elemen penting dari jaring makanan bentik, siklus nutrisi dan juga dekomposisi bahan organik. Maka untuk mempelajari efek jangka panjang material tersebut terhadap komunitas bakteri di sebuah perairan diperlukan studi toksisitas NP-TiO<sub>2</sub> anatase terhadap bakteri-bakteri yang hidup dalam sedimen. Dalam penelitian ini dilakukan isolasi dan identifikasi beberapa bakteri yang hidup dalam sedimen sungai Citarum dengan menggunakan metode 16s rRNA. Pengaruh NP TiO<sub>2</sub> anatase terhadap bakteri-bakteri tersebut dievaluasi dengan metode uji viabilitas sel. Bakteri *Pseudomonas putida* dan *Enterobacter cancerogenus* diharapkan berhasil diisolasi dari sedimen sungai Citarum dan merupakan bakteri pengurai non-patogen dalam ekosistem perairan digunakan lebih lanjut untuk mempelajari pengaruh NP TiO<sub>2</sub> anatase terhadap lingkungan biotik perairan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan dijadikan rujukan kedepannya mengenai efek penggunaan NP-TiO<sub>2</sub> terhadap kelimpahan dan keragaman bakteri yang ada di Sungai Citarum.

## 1.2 Rumusan Masalah

Untuk mengidentifikasi efek NP-TiO<sub>2</sub> pada viabilitas sel bakteri asli sedimen Citarum, maka perlu dipelajari:

- Apakah bakteri *Pseudomonas putida* dan *Enterobacter cancerogenus* terdapat pada sedimen Citarum dan dapat diisolasi?
- Apakah konsentrasi dan waktu pemaparan NP-TiO<sub>2</sub> anatase dapat mempengaruhi viabilitas sel *Pseudomonas putida* dan *Enterobacter cancerogenus* ?
- Apakah cahaya dapat mempengaruhi sifat toksik dari NP TiO<sub>2</sub> anatase terhadap *Pseudomonas putida* dan *Enterobacter cancerogenus*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah;

- Mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri *Pseudomonas putida* dan *Enterobacter cancerogenus* yang berada dalam sampel sedimen Citarum.
- Melakukan uji toksisitas dengan variasi konsentrasi dan waktu pemaparan NP-TiO<sub>2</sub> anatase terhadap bakteri *Pseudomonas putida* dan *Enterobacter cancerogenus*.

- Melakukan uji toksisitas NP-TiO<sub>2</sub> anatase terhadap bakteri *Pseudomonas putida* dan *Enterobacter cancerogenus* dengan dan tanpa pencahayaan.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Aspek teoritis;

- Dapat memberikan informasi ilmiah yang bermanfaat bagi pengembangan sains dan teknologi khususnya mengenai interaksi NP-TiO<sub>2</sub> anatase dengan bakteri pengurai yang ada dalam ekosistem perairan.

Aspek praktis;

- Hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk kemajuan baik dalam bidang industri maupun lingkungan, khususnya bidang kesehatan lingkungan.
- Dengan memahami mekanisme aksi bakterisidal NP-TiO<sub>2</sub> anatase pada bakteri, maka diharapkan dapat membantu meningkatkan penilaian risiko lingkungan dan efektivitas pengolahan air limbah TiO<sub>2</sub>.