

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Institusi pelayanan kesehatan saat ini berupaya dalam pencegahan terjadinya infeksi bagi pasien dan petugas kesehatan. Infeksi sering terjadi karena adanya bakteri yang mengkontaminasi tubuh pasien. Infeksi bakteri telah terbukti menjadi *problem* urutan terbesar kedua di dunia yang memberikan korban sebanyak 17 juta per tahun (Xiong *et al.*, 2019). Infeksi bakteri dapat berasal dari udara, air, makanan dan terutama dari benda-benda peralatan medis yang terdapat di rumah sakit (Allung, 2019). Keberadaan bakteri kontaminan memberikan dampak besar pada region yang semestinya terjaga kesterilannya, seperti peralatan medis untuk operasi (Pelzer *et al.*, 2017).

Bakteri kontaminan yang sering ditemukan pada peralatan medis adalah *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Mustika, 2021). Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bentuk koagulase positif atau tergolong dalam bakteri Gram positif (Kurniawati, 2015). Sel mikroba dicirikan oleh perbedaan besar dalam hal struktur dan organisasi seluler. Bakteri gram positif dan negatif memiliki perbedaan besar dalam model tiga dimensinya. Secara khusus, bakteri gram positif memiliki dinding luar dengan tebal 15 – 80 nm yang mengandung hingga 100 peptidoglikan. Dinding ini menunjukkan tingkat porositas yang relatif tinggi, karena berbagai makromolekul seperti glikopeptida dan polisakarida ditemukan mudah berdifusi ke membrane plasma bagian dalam. Sehingga dinding luar bakteri gram positif tidak berfungsi sebagai penghalang permeabilitas untuk fotosensitizer yang paling umum digunakan. Sedangkan untuk bakteri gram positif memiliki elemen structural tambahan setebal 10 – 15 nm yang bersifat eksternal ke jaringan peptidoglikan serta memiliki komposisi yang sangat heterogen, termasuk protein dengan fungsi porin, trimer lipopolisakarida, dan lipoprotein. Sistem tersebut menghambat penetrasi faktor pertahanan seluler dan dapat berdifusi melalui porin (Jori *et al.*, 2006).

Sterilisasi merupakan metode pengolahan instrumen atau material yang bertujuan untuk mereduksi segala bentuk kehidupan mikroba seperti bakteri yang dapat dilakukan melalui proses kimia atau fisika (Depkes RI, 2009). Sterilisasi alat kesehatan dapat dilakukan dengan beberapa cara yakni dengan metode kimia yang meliputi teknik desinfeksi, sedangkan untuk metode fisika meliputi teknik penyaringan, pemanasan, dan radiasi (Ariyadi & Dewi, 2009). Proses desinfeksi menggunakan bahan kimia kurang efektif untuk digunakan sterilisasi, karena hanya mampu mereduksi sel vegetatif saja dan tidak mampu mereduksi spora dari bakteri (Dhirgo Adji, 2007). Sedangkan dalam metode fisika, untuk teknik pemanasan memiliki kelemahan yaitu mampu meningkatkan kelarutan logam pada bahan pembawa yang berpengaruh negatif pada viabilitas bakteri dalam bahan pembawa (Nurrobifahmi *et al.*, 2017). Saat ini, tersedia berbagai peralatan sterilisasi dengan mekanisme kerja yang berbeda-beda, dimana masing-masing memiliki keterbatasan sendiri. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang efektif untuk inaktivasi bakteri kontaminan, salah satunya dengan metode fotoinaktivasi.

Fotoinaktivasi akhir-akhir ini menjadi strategi terapi medis terbaru yang diperlukan untuk pengobatan infeksi bakteri berulang (Yu *et al.*, 2020). Fotoinaktivasi merupakan salah satu bagian dari terapi fotodinamik yang menggunakan cahaya dan molekul bahan kimia untuk menghasilkan suatu radikal bebas yaitu spesies oksigen reaktif yang berfungsi untuk inaktivasi sel mikroba (Astuti *et al.*, 2013). Terdapat tiga faktor yang menjadi penyebab berhasilnya proses fotodinamik untuk inaktivasi sel yaitu adanya sumber cahaya, fotosensitizer, dan radikal bebas (Rusydi, 2015). Secara alami, beberapa jenis bakteri dapat menghasilkan porfirin endogen, yaitu molekul pengabsorpsi cahaya yang bersifat fotosensitizer. Fotosensitizer mampu menyerap energi cahaya pada panjang gelombang tertentu, serta menghasilkan spesi oksigen reaktif (ROS) (Indrawati *et al.*, 2021). Proses fotoinaktivasi diawali dengan mekanisme fotosensitisasi. Dimana dalam mekanisme fotosensitisasi terdapat fenomena fisis yaitu interaksi antara cahaya dengan fotosensitizer dalam proses fotofisika (Astuti, Suryani *et al.*, 2013). Proses

fotofisika terjadi pada wilayah level elektron dari molekul fotosensitizer, dimana tiap molekul memiliki elektron dengan spin berpasangan di level keadaan singlet. Ketika proses pemaparan cahaya, peristiwa pertama yang berlangsung adalah molekul tersebut menyerap cahaya. Sebagian besar molekul yang menyerap tersebut, akan naik ke keadaan eksitasi. Keadaan eksitasi yang baik adalah pada level keadaan triplet karena bersifat reaktif yang mampu berinteraksi dengan molekul sekitarnya seperti lipid atau oksigen. Sehingga dapat dihasilkan oksigen reaktif (Astuti *et al*, 2013). Oksigen reaktif itulah yang disebut dengan spesies oksigen radikal (ROS) yang mampu menonaktifkan sel mikroba dengan adanya penyinaran cahaya (Xiong *et al.*, 2019).

Kerusakan sel bakteri pada proses fotoinaktivasi didasarkan pada dua mekanisme yakni kerusakan membran sitoplasma dan kerusakan DNA. Fotoinaktivasi dapat mengakibatkan kebocoran sel atau inaktivasi sistem transport membran dan sistem enzim membran pada bakteri tersebut (Hamblin & Hasan, 2004). Menurut Nicorescu *et al.*, (2012), efek pemaparan cahaya pulsed light pada bakteri mampu menyebabkan rusaknya struktur parietal bakteri. Salah satu penggunaan cahaya pulsed light adalah *Light Emitting Diode* (Rianti *et al.*, 2021). LED inframerah merupakan diode yang dapat memancarkan cahaya dengan besar panjang gelombang 700 nm – 10⁶ nm. LED inframerah memiliki karakteristik mudah diserap oleh suatu bahan organik. Material organik yang terdapat dalam bakteri akan cepat menyerap cahaya inframerah saat proses pemaparan, sehingga dalam bakteri terjadi kenaikan temperatur semakin cepat. Penyerapan energi radiasi oleh sel bakteri akan mengakibatkan dua kemungkinan yakni kematian sel yang disebabkan oleh tidak adanya kemampuan membentuk koloni baru atau terjadinya mutasi yakni adanya perubahan pola genetik. (Dhirgo Adji, 2007). LED inframerah mempunyai tegangan maju yang lebih rendah serta arus listrik yang lebih tinggi daripada LED cahaya tampak. Berdasarkan penelitian Hamanaka *et al.*, (2005) ditunjukkan bahwa LED inframerah mampu menimbulkan inaktivasi bakteri dan pada besar panjang gelombang 950 nm terbukti berpotensi dalam inaktivasi bakteri (Basalamah *et al.*, 2015).

Kombinasi antara cahaya dengan medan magnet pada terapi fotodinamik akan meningkatkan fotoinaktivasi pada bakteri patogen. Medan magnet dapat menambahkan energi dengan cara menginduksikan kuat medan magnet dalam proses fotosensitisasi (Astuti, 2013). Medan magnet merupakan salah satu besaran fisis yang mendeskripsikan keadaan di dalam suatu bahan atau ruang. Medan magnetik didefinisikan sebagai daerah yang di dalamnya masih dipengaruhi oleh gaya magnetik. Pemaparan medan magnet pada substrat media dapat mempengaruhi karakteristik pertumbuhan dan jumlah sel bakteri (Hernawati *et al.*, 2016). Medan magnet memiliki efek inaktivasi pada bakteri *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* dan *Saccharomyces cerevisiae* (Qian *et al.*, 2016). Pada fotoinaktivasi, medan magnet berperan dalam proses fotofisika atau berperan dalam kerusakan membran. Sel bakteri gram negatif *E. Coli* yang diberi perlakuan medan magnet memiliki permukaan yang kasar dan memecah dinding sel sehingga membran sel menjadi rusak (Qian *et al.*, 2016). Sedangkan perlakuan menggunakan medan magnet bolak – balik dapat menurunkan viabilitas sel (Badokas & Lukša, 2021). Kombinasi cahaya dan medan magnet akan meningkatkan fotoinaktivasi pada bakteri patogen (Wibowo & Astuti, 2012).

Penyinaran cahaya LED dengan kombinasi medan magnet telah terbukti berpotensi menurunkan persentase koloni bakteri. Telah terbukti bahwa kombinasi antara keduanya mulai dari 70-80% bakteri tereduksi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dan Astuti (2013) menyatakan bahwa kombinasi LED hijau dengan panjang gelombang 541 nm pada dosis energi penyinaran 15 J/cm^2 dan kuat medan magnet frekuensi rendah 1,8 mT optimal untuk fotoinaktivasi bakteri pencemar air (*Escherichia coli*) (Wibowo & Astuti, 2013).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pemaparan cahaya LED inframerah dengan adanya tambahan kuat medan magnet solenoida sebagai aktivasi dalam pemaparan pada fotoinaktivasi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* guna menjadi metode alternatif terapi fotodinamik dan efektif dalam proses sterilisasi

alat medis. Dengan demikian, judul yang diangkat dalam penelitian ini adalah “Potensi Pemaparan LED Inframerah Dengan Aktivasi Medan Magnet Solenoida Untuk Fotodinamik Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, dapat dirumuskan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Apakah pemaparan LED inframerah dengan medan magnet solenoida optimal untuk inaktivasi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*?
2. Berapakah lama waktu paparan dan dosis energi yang optimal dalam menghasilkan persentase kematian terbesar untuk inaktivasi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan pada rumusan masalah di atas, diperlukan suatu batasan permasalahan untuk penelitian ini, diantaranya yaitu:

1. Penelitian ini bersifat eksperimental laboratoris dan pembahasan yang bergantung pada hasil eksperimen.
2. Sumber cahaya yang digunakan dalam terapi fotodinamik adalah LED inframerah dengan rentang panjang gelombang (951-952 nm).

1.4 Tujuan Penelitian

Berlangsungnya penelitian ini diharapkan menghasilkan tujuan, antara lain:

1. Mengetahui pemaparan cahaya LED inframerah dengan adanya tambahan kuat medan magnet solenoida optimal pada proses fotoinaktivasi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.
2. Menentukan lama waktu pemaparan dan dosis energi yang optimal untuk menghasilkan persentase kematian terbesar untuk mereduksi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat Teoritis

1. Memberikan suatu informasi tentang potensi pemaparan *Light Emitting Diode* (LED) inframerah dengan aktivasi medan magnet solenoida terhadap bakteri kontaminan serta dosis energi dan waktu optimal untuk proses inaktivasi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* yang dapat dijadikan sebagai referensi dasar dalam aplikasi terapi medis.
2. Penelitian ini diharapkan dapat berperan dalam pengembangan keilmuan fotodinamik baik secara teoritis maupun eksperimentalis yang dapat diaplikasikan sebagai terapi inaktivasi bakteri pada sterilisasi alat medis yang terkontaminasi oleh bakteri menggunakan sumber cahaya dan aktivasi medan magnet.
3. Mengkaji proses inaktivasi bakteri kontaminasi akibat pemaparan LED inframerah dengan aktivasi medan magnet.

1.5.2 Manfaat Praktis

Peneliti dapat mengembangkan ilmu yang telah dipelajari untuk dapat diaplikasikan dalam bidang kesehatan. Penelitian ini juga memberikan kesempatan publikasi hasil penelitian baik nasional maupun internasional.