

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka akan semakin meningkatkan kebutuhan akan pangan yang tidak hanya sehat, tetapi juga bergizi dan aman untuk dikonsumsi (Wibisono, 2015). Namun, kenyataannya tidak semua penduduk dapat menikmati makanan yang aman untuk dikonsumsi. Hampir semua penduduk pernah menderita sakit perut setelah mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi (tercemar) (Jenie, 2014). Pertumbuhan bakteri patogen di dalam bahan makanan merupakan hal yang perlu diperhatikan, karena beberapa bakteri patogen mempunyai kaitan erat dengan keracunan makanan (Muslim *et al.*, 2013). Keracunan makanan terjadi pada makanan yang terkontaminasi dengan kondisi yang tidak bersih (Jenie, 2014). Kontaminasi dapat menyebabkan makanan menjadi patogen, sehingga penyakit yang disebabkan oleh makanan yang terkontaminasi disebut *food-borne diseases* (Rahmani and Handayani, 2016).

Salah satu mikroorganisme yang berpengaruh terhadap kerusakan pangan dan menyebabkan *food-borne diseases* adalah bakteri *E.coli* dan *S.aureus*. *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri patogen komensal tetapi dapat menyebabkan kontaminasi pada produk makanan selama persiapan dan pemrosesan makanan. *Staphylococcal food borne disease* (SFD) merupakan salah satu penyakit bawaan makanan yang paling umum di seluruh dunia akibat kontaminasi makanan oleh enterotoksin *S.aureus* yang terbentuk sebelumnya (Kadariya *et al.*, 2014). Selain itu, *E.Coli* juga sering mengkontaminasi makanan dan minuman sebagai indikator pencemaran bakteri patogen (Prasetya *et al.*, 2019).

Bakteri yang mencemari makanan disebabkan oleh rendahnya kesadaran masyarakat akan kebersihan pada makanan (Mustika *et al.*, 2019). Sebagai

upaya dalam pencegahan keracunan pangan dapat dilakukan proses sterilisasi pada makanan, sehingga untuk menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri dapat dilakukan dengan beberapa metode sterilisasi yang tergantung pada jenis dan sifat bahannya (Zuhri Ramdhani *et al.*, 2020).

Sterilisasi merupakan suatu proses untuk membunuh mikroorganisme sampai ke spora-sporanya, yang terdapat di dalam bahan makanan (Hendrawati *and* Utomo, 2017). Sterilisasi terbagi menjadi dua metode, yaitu metode termal dan non-termal. Saat ini pengolahan makanan pada umumnya menggunakan metode termal tetapi metode termal memiliki banyak dampak negatif karena dapat menyebabkan penurunan nilai mutu dan zat gizi bahan pangan serta hanya spesifik membunuh bakteri tertentu (Waziroh *et al.*, 2017). Oleh karena itu, metode alternatif yang efektif untuk menginaktivasi bakteri yang terkontaminan tanpa merusak nutrisi dan mutu makanan adalah menggunakan metode *Photodynamic inactivation*.

Fotodinamik inaktivasi merupakan metode penghambatan aktivitas metabolisme sel yang memanfaatkan interaksi antara cahaya dengan molekul fotosensitizer sehingga menyebabkan kematian sel bakteri (Astuti *et al.*, 2020). Hal ini dimanfaatkan untuk menghancurkan sel target dengan cara oksidasi yang menyebabkan lisis sel dan inaktivasi protein membran (Pereira *et al.*, 2018). Ada tiga faktor utama yang menjadi penyebab berhasilnya proses fotodinamik untuk inaktivasi sel yaitu cahaya sebagai aktivator pemberian energi (transfer energi), fotosensitizer sebagai molekul penyerap energi cahaya, dan radikal bebas yang menyebabkan inaktivasi (Rusydi, 2015). Fotoinaktivasi adalah proses penyerapan cahaya oleh fotosensitizer (porfirin) pada bakteri, yang kemudian diaktifkan sehingga menimbulkan reaksi pada substrat (Astuti *et al.*, 2021).

Secara alamiah, beberapa bakteri menghasilkan senyawa porfirin endogen yaitu sebagai molekul fotosensitizer endogen yang peka terhadap cahaya (Astuti *et al.*, 2020). Kombinasi cahaya dan fotosensitizer dengan spektrum yang sesuai akan menyebabkan fotoinaktivasi sel bakteri. Proses fotoinaktivasi diawali dengan mekanisme fotosensitasi yaitu penyerapan

cahaya oleh porfirin yang selanjutnya mengaktivasi reaksi dalam substrat. Fotosensitasi ini bergantung pada jenis dan kuantitas dari porfirin sebagai molekul penyerap cahaya (Nitzan *et al.*, 2004).

Plaetzer *et al* (2009) menjelaskan adanya fenomena fisis yang terjadi pada beberapa tahapan pada proses fotosensitasi. Tahapan tersebut dimulai dari fotofisika berupa penyerapan cahaya sehingga mengaktivasi molekul penyerap cahaya (fotosensitiser) (Plaetzer *et al.*, 2009). Kedua, tahap fotokimia terjadi perubahan energi dan struktur elektron sebagai akibat dari eksitasi elektron. Ketiga, tahap fotobiologi melibatkan perubahan sel organisme akibat interaksi cahaya (Grossweiner, 2005). Fotodinamik inaktivasi memberikan sebuah proses metode alternatif dalam menggantikan pengolahan secara konvensional dengan menggunakan metode pengolahan non termal. Salah satu metode non termal yang sedang dikembangkan secara alternatif yaitu menggunakan medan listrik.

Medan Listrik merupakan besaran yang mempunyai nilai di setiap titik dalam ruang. Secara sistematis, dapat dikatakan bahwa medan adalah fungsi kontinu dari posisi dalam ruang. Medan listrik dapat berinteraksi dengan membran sel. Interaksi medan listrik dengan membran sel menyebabkan membran menjadi lebih permeabel. Medan listrik saat berinteraksi dengan bakteri menyebabkan elektroporasi membran sel, sehingga permeabilitas membran sel meningkat. Elektroporasi irreversible dicapai ketika potensial transmembran melebihi potensial ambang membran sel (Tirono *et al.*, 2018). Telah ditunjukkan bahwa arus listrik searah dapat digunakan untuk memanipulasi pelepasan bakteri dan pergerakan dari permukaan. Manipulasi listrik bakteri dimungkinkan karena sel bakteri umumnya bermuatan negatif, yang menentukan gerakan elektroforesisnya dalam medan arus searah (DC) (Luo *et al.*, 2005). Penghambatan pembiakan bakteri menggunakan medan listrik yang didasarkan terjadinya elektroporasi pada membran sel bakteri (Tirono, 2013).

Menurut Setiawan (2013), hasil pengujian dan analisis menyatakan bahwa medan listrik DC mempunyai daya bunuh bakteri yang lebih besar daripada

antibiotik. Semakin besar frekuensi sinyal DC, maka semakin besar pula penurunan jumlah koloni bakteri *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus* (Setiawan, 2013). Mengingat pentingnya eliminasi bakteri terkait dengan pendekatan terapi medis, teknologi listrik searah (DC) sebagai pembunuh bakteri memiliki prospek yang baik dalam bidang kedokteran (Setiawan, 2013). Menurut Nicorescu *et al.*, (2012), efek pemaparan cahaya pulsa (*pulsed light*) pada bakteri *E.coli* yang ditunjukkan oleh SEM, menyebabkan rusaknya struktur parietal bakteri tersebut (Nicorescu *et al.*, 2012). LED inframerah dapat merusak dinding sel dan lapisan peptidoglikan yang melindungi bakteri sehingga mampu menghancurkan keseluruhan struktur sel didalamnya (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 bahan organik (Hakim *et al.*, 2021). Bahan organik dalam bakteri akan cepat menyerap cahaya inframerah saat terjadi proses penyinaran, sehingga dalam bakteri terjadi kenaikan temperatur yang semakin cepat (Hamanaka *et al.*, 2005). Berdasarkan penelitian Hamanaka *et al.*, (2005) ditunjukkan bahwa penyinaran LED inframerah dapat menyebabkan fotoinaktivasi pada bakteri *Bacillus subtilis* dengan panjang gelombang 950 nm yang terbukti berpotensi dalam inaktivasi (Hamanaka *et al.*, 2005).

Dalam penelitian Basalamah *et al.*, (2015) menyatakan bahwa efek pemaparan LED Inframerah yang paling efektif dengan panjang gelombang 950 nm pada jarak 1,5 cm dan waktu 15 menit dapat berpotensi fotoinaktivasi bakteri *Bacillus subtilis* dengan persentase kematian sebesar 53% (Basalamah *et al.*, 2015). Pada penelitian yang dilakukan oleh Rianti *et al.*, (2021) menyatakan bahwa pemaparan dengan menggunakan LED Inframerah dengan panjang gelombang 941 nm dengan daya 1 mW dan pada jarak 1 cm dapat menurunkan koloni bakteri *Escherichia coli* sebesar 53% dan bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 35% (Rianti *et al.*, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Muslim *et al.*, (2013) mengenai inaktivasi bakteri *Staphylococcus aureus* menggunakan metode pengolahan pangan *non-thermal* dengan menggunakan medan listrik intensitas tinggi dilakukan dengan variasi tegangan 20kV, 40 kV, 60 kV dan 80 kV dengan waktu 90 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan tegangan 20 kV bakteri *Staphylococcus aureus* berkurang dari $1,6 \times 10^3$ cfu/ml menjadi $1,157 \times 10^3$ cfu/ml dan pada tegangan 80 kV berkurang mencapai $3,97 \times 10^2$ cfu/ml (Muslim *et al.*, 2013). Pada medan listrik tinggi (>20 kV/cm), dapat menjadi alternatif pemrosesan termal tradisional untuk menonaktifkan mikroorganisme alternatif dan patogen dan enzim terkait kualitas dengan keuntungan dari mempertahankan atau memodifikasi atribut sensorik, nutrisi dan kesehatan secara minimal produk makanan cair (Barba *et al.*, 2015; Sánchez-Vega *et al.*, 2015).

Penelitian lain yang dilakukan oleh Tirono, *et al* (2018) menyatakan bahwa kombinasi medan listrik dan cahaya yang dilakukan dengan menggunakan intensitas medan listrik 2,5-4,5 kV/cm dan intensitas cahaya 50-250 mW/cm² dapat merusak membran sel bakteri (Tirono *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kombinasi sumber cahaya LED dengan medan listrik memiliki potensi untuk mereduksi atau merusak membran sel bakteri yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan LED saja.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk menentukan lama waktu paparan dan rapat energi yang optimal dalam menghasilkan persentase kematian terbesar untuk inaktivasi bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Selain itu, untuk menentukan nilai intensitas LED Inframerah dan medan listrik searah yang maksimal dalam memberikan pengaruh terhadap inaktivasi bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah dalam penelitian ini, maka dapat diajukan perumusan masalah :

1. Berapakah lama waktu paparan dan rapat energi yang maksimal dalam menghasilkan persentase kematian terbesar untuk inaktivasi bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* ?
2. Berapakah nilai intensitas LED Inframerah dan medan listrik searah yang maksimal dalam memberikan pengaruh terhadap inaktivasi bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi batasan masalah, diantaranya :

1. Medan listrik yang digunakan adalah medan listrik searah
2. Sinar inframerah yang digunakan adalah LED Inframerah dengan rentang panjang gelombang 953 – 958 nm
3. Bakteri yang digunakan pada penelitian ini adalah *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus aureus*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Menentukan lama waktu paparan dan rapat energi yang optimal dalam menghasilkan persentase kematian terbesar untuk inaktivasi bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*
2. Menentukan nilai intensitas LED Inframerah dan medan listrik searah yang maksimal dalam memberikan pengaruh terhadap inaktivasi bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat, antara lain :

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan mampu mengembangkan keilmuan yang telah dipelajari dan dapat memberikan informasi dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh paparan medan listrik searah dan LED Inframerah terhadap bakteri *E.Coli* dan *S.aureus* serta lama waktu paparan dan rapat energi yang optimal untuk proses inaktivasi bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang dapat dijadikan sebagai referensi dasar dalam aplikasi fotodinamik inaktivasi. Selain itu, dapat membantu mengembangkan terapi fotoinaktivasi bakteri patogen dalam dosimetri.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan untuk diaplikasikan dalam teknologi sterilisator.