

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keju merupakan olahan susu berupa gumpalan karena adanya proses koagulasi kasein susu menggunakan renin dan asam laktat (Estikomah, 2017). Minat konsumsi keju masyarakat Indonesia meningkat seiring berkembangnya jaman. Data dari Euromonitor yang menyampaikan bahwa lebih dari 150% penjualan keju di Indonesia telah tumbuh dari tahun 2018 (Adli dan Novel, 2025). Hal tersebut dibuktikan dengan adanya usaha produksi keju yang terus meningkat. Minat konsumsi keju di dunia dan di Indonesia menyebabkan berbagai jenis keju olahan mudah ditemui oleh konsumen di Indonesia (Riandani dkk., 2022).

S. aureus adalah kontaminan yang sering mengkontaminasi keju dengan persentase 95% karena *S. aureus* merupakan mikroba yang muncul karena rendahnya sanitasi yang berkaitan dengan ketidakefektifan proses sterilisasi peralatan produksi serta rendahnya higienitas yang merujuk pada kontaminsi pekerja. Hal tersebut menyebabkan kram perut, muntah-muntah, dan diare (Karimela dkk., 2017). Hal tersebut disebabkan karena *S. aureus* menghasilkan enterotoksin yang merupakan toksin tahan pemanasan dan tahan terhadap enzim protease seperti pepsin yang terdapat pada saluran pencernaan (Santosa dkk., 2020). Enterotoksin juga dapat menyebabkan muntah karena dapat menstimulasi saraf vagus pada dinding organ dalam abdomen yang dapat menghantarkan

sinyal muntah pada pusat otak. Enterotoksin pada *S. aureus* juga memicu diare karena inhibisi reabsorpsi air dan elektrolit pada usus kecil (Aziz dkk., 2022).

Berdasarkan pernyataan Sauders dan Damico (2016), keju adalah makanan yang mudah terkontaminasi *Listeria monocytogenes* yang dapat mengkontaminasi keju dari sebelum dan sesudah proses pasteurisasi. Keju mudah terkontaminasi *L. monocytogenes* yang berasal dari susu segar yang digunakan sebagai bahan baku utama karena lingkungan produksi susu kurang menjaga higienitas alat yang digunakan dari proses pengambilan susu hingga penyimpanan susu (Gaffar dan Suryani, 2023). *L. monocytogenes* merupakan bakteri patogen yang ada pada makanan yang berpotensi menyebabkan kematian. Kematian terutama terjadi pada lansia, bayi, dan wanita hamil (Gaffar dan Mega Suryani, 2023). *L. monocytogenes* dapat menyebabkan persentase kematian lebih dari 30% kasus yang disebabkan karena listeriosis. Jumlah kasus kontaminasi sebanyak 1.850 kasus dengan angka kematian 425 (Tjampakasari, 2021).

L. monocytogenes dapat menyebabkan kematian karena setelah konsumsi makanan yang terinfeksi *L. monocytogenes*, bakteri tersebut akan menginvasi sel usus menggunakan internalin (Inl A/B) lalu lolos dari vakuola fagositosis ke sitosol sel inang dengan bantuan toksin *Listeriolysin O* (LLO). *L. monocytogenes* dalam sitosol mampu bereplikasi dengan cepat menggunakan ActA yang merupakan komponen replikasi untuk menyebar ke sel lain dan menghindari paparan sistem kekebalan tubuh. Proses tersebut mampu menyebabkan *L. monocytogenes* menyebar secara sistemik dan menginfeksi organ vital (otak dan

hati) yang sehingga dapat menyebabkan penyakit invasif yang merupakan kondisi medis di mana patogen seperti bakteri menyerang dan menyebar ke jaringan tubuh yang sehat. Penyakit invasif yang dapat terjadi adalah meningitis atau sepsis yang berujung pada kematian (Koopmans dkk., 2023).

Listeria monocytogenes dapat bertahan hidup pada suhu 0,5°C hingga 45°C dengan suhu optimum 30°C dan 37°C. *Listeria monocytogenes* dapat bertahan pada pH 4,3 hingga 9,6 dengan salinitas lebih dari 20% (Ng dkk., 2023). Mekanisme kemampuan bertahan hidup pada *L. monocytogenes* pada berbagai kondisi lingkungan karena keberadaan sistem sensor dua komponen, seperti *liaRS*, *lisRK*, dan *cesRK* yang berfungsi secara spesifik dalam mendeteksi berbagai stres dari luar sel. Sinyal tersebut kemudian dikirimkan ke pusat kendali, yaitu faktor sigma alternatif sigB sehingga setelah sigB teraktifasi akan menginduksi ekspresi gen pertahanan untuk menjaga viabilitas bakteri (Bucur dkk., 2018). Karakteristik dari bakteri *L. monocytogenes* dan *S. aureus* tersebut membuat adanya berbagai penelitian terkait temuan kontaminasi bakteri *S. aureus* dan *L. monocytogenes* pada keju

Berdasarkan penelitian Gajewska dkk. (2018), terdapat 55% dengan 10 keju yang terkontaminasi *Staphylococcus aureus* dari total 18 keju di Polandia. Penelitian Nursat dkk. (2015) juga menyatakan bahwa 40 sampel keju dari Bangladesh ditemukan mengandung bakteri *S. aureus*. Kontaminasi *S. aureus* ditemukan pada 72 sampel keju dari 176 sampel keju yang ada di Albania dengan prevalensi 40,9% dan konsentrasi *S. aureus* berkisar antara 10^2 hingga 10^4 log CFU/g. Kontaminasi *S. aureus* juga ditemukan pada tiga jenis keju, yaitu *Saint-*

Nectaire, *Registered Saint-Nectaire* dan *Registered Salers cheese* (Baran dkk., 2017).

Kontaminasi *S. aureus* ditemukan di France tahun 1983 pada *farm raw sheep milk cheese* dengan total kasus yang terkontaminasi adalah 20 kasus. Kontaminasi *S. aureus* juga ditemukan di *raw sheep milk cheese* di Skotlandia pada tahun 1984 dengan 27 kasus manusia terkontaminasi. *S. aureus* ditemukan pada *stilton cheese* dari *unpasteurised milk* di England tahun 1988 dengan 155 kasus orang terkontaminasi (Verraes dkk., 2015).

Contoh kasus lainnya terkait kontaminasi *S. aureus* dan *L. monocytogenes* adalah ditemukannya keju artisan yang terkontaminasi *S. aureus* pada 44 keju dari 78 sampel di Mexico sehingga memiliki prevalensi 56,4% menurut Gomes dkk. (2018). Keracunan yang disebabkan oleh *S. aureus* pada keju ditemukan pada keju lunak yang dikonsumsi oleh 14 anak-anak dan anggota staf di sekolah asrama Swiss dengan gejala dialami setelah 7 jam konsumsi keju. Gejala yang dialami adalah sakit perut, muntah, diare berat, dan demam. Karakteristik galur *genotype B* yang dikonfirmasi sebagai galur sapi *S. aureus* yang menjadi kontaminan utama pada keju susu mentah Swiss (Novitasari dan Diptaningsari, 2022).

L. monocytogenes ditemukan di keju brie di France tahun 1988 dengan 36 kasus dengan angka kematian 4 orang. Kontaminasi *L. monocytogenes* juga ditemukan di *pontleveque cheese* di France pada tahun 1997 dengan 14 kasus kontaminasi. Kontaminasi *L. monocytogenes* ditemukan di US pada tahun 2000 hingga 2001 pada keju *fresh Mexican-style raw milk cheese* dengan 13 kasus

kontaminasi serta 11 kontaminasi pada ibu hamil (5 ibu hamil melahirkan dengan normal, 3 ibu hamil melahirkan prematur, dan 3 bayi terkontaminasi *L. monocytogenes*). Kontaminasi *L. monocytogenes* juga ditemukan pada US pada tahun 2003 dan 2005 pada *unpasteurised queso-fresco cheese* dengan 12 kasus kontaminasi pada manusia, 12 orang dilarikan ke rumah sakit, dan 1 orang meninggal pada tahun 2003 dan 12 kasus orang terkontaminasi dan 12 orang dilarikan ke rumah sakit (Verraes dkk., 2015).

Kontaminasi *S. aureus* dan *L. monocytogenes* pada keju juga ditemukan diberbagai tempat di dunia. Berdasarkan penelitian Bedoya dkk. (2021) menunjukkan tingkat kontaminasi *L. monocytogenes* mencapai 9,2% pada keju di Asia. Penelitian Novitasari dan Diptaningsari (2022) menyatakan jika terdapat kontaminasi dari *S. aureus* dan *L. monocytogenes* selama produksi keju mentah dengan prevalensi 98,9% di industri skala kecil di Norwegia. Berdasarkan penelitian Hernandez dkk. (2024), ditemukan adanya bakteri patogen *S. aureus* dan *L. monocytogenes* pada keju Cotija. Hasil yang didapatkan adalah kontaminasi *S. aureus* pada keju Cotija memiliki prevalensi hasil positif 13 keju dari 95 keju dengan prevalensi 13,68% sedangkan bakteri *L. monocytogenes* tidak ditemukan dari 95 keju Cotija.

Kasus kontaminasi *L. monocytogenes* antara lain ditemukan di Ricotta cheese di USA tahun 2012 dengan total kasus 22 dan angka kematian 4 orang. Kontaminasi *L. monocytogenes* pada *acid curd cheese* ditemukan di Austria tahun 2009 dengan total 34 kasus dengan 8 angka kematian. Kasus kontaminasi *L. monocytogenes* juga ditemukan pada Camembert cheese di Norway tahun

2007 dengan total 17 kasus dan angka kematian 3 orang. Kontaminasi *L. monocytogenes* dengan tingkat prevalensi 8,1% ditemukan di *soft cheese* di Spain dan tingkat prevalensi 11,1% pada *white cheese* di Jordan (Melo dkk., 2015).

Kontaminasi *L. monocytogenes* juga ditemukan pada *artisanal non-acid fresh cheese* di Colombia. Kontaminasi *L. monocytogenes* pada keju Queso Campesino dengan prevalensi 53,2% dari total 77 sampel dengan 41 sampel positif. Keju Queso Costeno juga terkontaminasi *L. monocytogenes* dengan prevalensi 57,1% dengan 8 dari 14 sampel positif *L. monocytogenes*. Kontaminasi *L. monocytogenes* pada keju Queso Cuajada dengan 55 dari 103 sampel terkontaminasi sehingga memiliki prevalensi 53,4% (Bedoya dkk., 2021).

Berdasarkan banyaknya kontaminasi bakteri patogen *L. monocytogenes* dan *S. aureus* di keju mendasari penelitian yang akan dilakukan. Hal tersebut juga disebabkan karena tingginya risiko kontaminasi di Indonesia. Faktor yang memperparah risiko kontaminasi patogen *L. monocytogenes* dan *S. aureus* adalah rendahnya standar higiene susu mentah, infrastruktur *cold chain* yang belum memadai, serta pembuatan dan pematangan keju yang belum tervalidasi secara ilmiah. Berdasarkan Ndraha dkk. (2026), prevalensi kontaminasi bakteri patogen *L. monocytogenes* pada keju di global adalah 0 – 54,6% dengan faktor-faktor di Indonesia yang dapat meningkatkan risiko kontaminasi adalah *cold chain* yang tidak memadai di Indonesia dan standar sanitasi yang masih rendah di Indonesia. Prevalensi kontaminasi bakteri patogen *S. aureus* pada keju di

global adalah 14,7% – 100% dengan faktor-faktor di Indonesia yang dapat meningkatkan risiko kontaminasi adalah penanganan manusia yang buruk selama proses pembuatan keju dan infeksi mastitis pada sapi yang disebabkan karena masuknya *S. aureus* pada lubang putting.

Kekhawatiran masyarakat terkait risiko kontaminasi tersebut menjadi salah satu faktor pendorong dilakukannya penelitian deteksi dan kuantifikasi patogen pada keju. Keberadaan bakteri patogen adalah hal krusial dalam konteks kesehatan sehingga diperlukan deteksi adanya tidaknya kontaminasi pada produk pangan untuk mencegah dampak negatif dalam keamanan pangan (Putra dkk., 2024). Kuantifikasi merupakan pengukuran konsentrasi patogen bakteri dalam sampel (Pratiwi dan Widodo, 2020).

Deteksi dan kuantifikasi bakteri patogen tersebut dapat dideteksi dengan proses PCR. Berdasarkan penelitian Ahmed dkk. (2022), ditemukan adanya bakteri *E. coli* dan *S. aureus* pada keju domiati, kareish, dan ras yang dideteksi dengan metode PCR. Metode PCR digunakan untuk deteksi patogen dikarenakan metode pengerjaannya cepat, efektif, lebih akurat, sensitivitas dan spesifitas tinggi jika dibandingkan dengan metode konvensional seperti metode kultur dengan *streak plate* (Koentjoro dkk., 2021). Berdasarkan penelitian Puspitasari dan Putriana (2018), didapatkan hasil bahwa metode PCR pada keju memiliki efektivitas tinggi karena dapat mendeteksi kontaminasi hingga jumlah bakteri 10^2 atau 10^3 CFU/mL.

Kontaminasi bakteri patogen *L. monocytogenes* dan *S. aureus* pada keju belum pernah dilaporkan secara resmi di Indonesia tetapi ditemukan adanya

kontaminasi *Salmonella* pada keju tradisional *dangke* dari Sulawesi Selatan (Setiarto dkk., 2025). Selain itu keberadaan *L. monocytogenes* juga pernah ditemukan pada susu sapi segar yang merupakan bahan baku keju di Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan dengan metode PCR sebanyak 21 isolat dari 31 sampel *pool* (Prahesti dkk., 2017).

Kasus penemuan bakteri patogen pada keju di berbagai negara dan belum adanya data tersebut di Indonesia menjadi alasan dilakukannya penelitian deteksi patogen *S. aureus* dan *L. monocytogenes* pada keju yang diproduksi secara mandiri di Indonesia. Metode ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai bakteri patogen *S. aureus* dan *L. monocytogenes* yang terkandung dalam keju yang diproduksi di Indonesia. Pemilihan sampel keju dari PT X sebagai alternatif pemilihan tempat produksi yang ada di Indonesia, meskipun belum ditemui adanya laporan mengenai adanya kontaminasi patogen pada produk di PT X.

B. Perumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat prevalensi dan konsentrasi *S. aureus* dan *L. monocytogenes* dalam keju dan produk keju artisan di PT X menggunakan teknologi PCR?
2. Bagaimana efektivitas teknologi PCR dalam mendeteksi keberadaan *S. aureus* dan *L. monocytogenes* pada keju artisan?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat prevalensi dan konsentrasi *S. aureus* dan *L. monocytogenes* dalam bakteri murni.
2. Mengetahui efektivitas PCR dalam mendeteksi keberadaan *S. aureus* dan *L. monocytogenes* pada keju artisan.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui deteksi bakteri patogen *Listeria monocytogenes* dan *Staphylococcus aureus* pada produksi keju artisan. Manfaat lainnya adalah sebagai acuan untuk mengetahui tingkat efektivitas dari penggunaan PCR sebagai metode untuk mendeteksi bakteri patogen di keju. Hasil penelitian yang didapatkan juga dapat dikembangkan menjadi penelitian yang lebih lanjut dalam industri pangan secara umum.