

Patogen Pembawa Penyakit *Staphylococcus aureus* dan Prevalensinya pada Pangan Hasil Pertanian

Foodborne Pathogen of *Staphylococcus aureus* and its Prevalence in Agricultural Food Products

Erliana Novitasari¹ dan Danarsi Diptaningsari²

^{1,2}Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Lampung

Jl. Z. A. Pagar Alam No. 1a, Rajabasa, Bandar Lampung

email erliana.novitasari@gmail.com

ABSTRACT

Article History:

Accepted : 30-Juni-2022

Online : 30-Juni-2022

Keyword:

Staphylococcus aureus;

Penyakit;

Prevalensi;

Pangan;

Kontaminasi patogen atau mikroorganisme terhadap bahan pangan dapat mengakibatkan penyakit yang bersifat infeksi atau racun. Infeksi penyakit ini umumnya disebabkan oleh bakteri patogen, virus atau parasit yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan atau minuman yang dicerna. Staphylococcus aureus merupakan salah satu bakteri patogen penyebab infeksi tersering di dunia yang termasuk dalam kategori gram positif. Pertumbuhan dan ketahanan bakteri tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti water activity (aw), pH, keberadaan oksigen dan komposisi makanan. Gejala yang timbul akibat infeksi bakteri S. aureus antara lain demam tinggi, muntah dan diare. Berbagai studi telah melaporkan kejadian pencemaran S. aureus terhadap pangan hasil pertanian, seperti daging, produk susu, ikan bahkan sayuran.

Pathogen contamination of foods might cause infectious diseases called foodborne illnesses. Generally, infection is caused by pathogen, virus or parasite through contaminated food ingestion. Staphylococcus aureus is one of the most common foodborne pathogen causing infection in the world which is included in the gram-positive bacteria. The growth and survival of S. aureus is dependent on a number of environmental factors such as temperature, water activity (aw), pH, the presence of oxygen and composition of the food. Symptoms that arise due to S. aureus bacterial infection include high fever, vomiting and diarrhoea. Many studies have reported the incidence of S. aureus contamination of agricultural food products, for example: meat, dairy products, fish and even vegetables.



A. PENDAHULUAN

Penyakit bawaan makanan didefinisikan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) sebagai penyakit menular atau racun alami akibat konsumsi makanan yang terkontaminasi oleh organisme berbahaya seperti bakteri, virus, parasit, jamur [1]. Studi sebelumnya telah melaporkan banyak kasus penyakit bawaan makanan yang terkait dengan keamanan pangan mikrobiologis bahkan di negara-negara industri. Telah dilaporkan sekitar 700.000 kasus penyakit dan 80 kematian setiap tahun di Belanda yang disebabkan oleh berbagai patogen bawaan makanan [2]. Morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia yang disebabkan oleh berbagai penyakit dikaitkan dengan berbagai bakteri, virus, jamur, parasit dan mikroorganisme lain yang

berasal dari konsumsi makanan atau air [3]. Kematian 1,9 juta anak di dunia per tahun dianggap disebabkan oleh penyakit diare dan sebagian besar kasus terjadi di negara-negara miskin, saat ini penyakit ini juga dapat mencapai negara berkembang. Selama tahun 2000 hingga 2015 terjadi 61.119 KLB bawaan makanan di Indonesia dengan 291 kasus fatalitas [4].

Penyakit bawaan makanan diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu keracunan dan infeksi. Intoksikasi disebabkan oleh konsumsi toksin yang dihasilkan oleh patogen, sedangkan infeksi disebabkan oleh konsumsi makanan yang mengandung patogen yang hidup [1]. Mikroorganisme patogen yang mengandung toksin spesifik secara bersamaan semakin maju, mengakibatkan kontaminasi rantai makanan dan pemalsuan makanan, yang pada gilirannya menyebabkan penyakit bawaan makanan [5]. Strain *Salmonella* dan *Campylobacter* dapat tumbuh dalam produk unggas selama pemrosesan. Tanaman pangan yang dibudidayakan di tanah yang terkontaminasi dan air dari sungai yang terkontaminasi, terkontaminasi oleh bakteri dan spora bakteri. Makanan yang dipanen dari laut dan air tawar juga dapat terkontaminasi oleh virus, parasit dan bakteri. Makanan dan air dianggap sebagai pembawa mikroba patogen dari lingkungan ke manusia [6].

Mikroba patogen lainnya, bakteri patogen merupakan penyebab utama kasus penyakit bawaan makanan. Bakteri patogen dibagi menjadi dua kelompok utama, berdasarkan struktur dinding sel mikroba, yaitu bakteri Gram negatif dan bakteri Gram positif [1]. *Staphylococcus aureus* merupakan salah satu mikroba patogen yang tergolong bakteri Gram positif, dianggap sebagai bakteri patogen karena bersifat toksik alami dan resisten terhadap beberapa obat seperti *methicillin* dan *vancomycin* [7]. *S. aureus* adalah salah satu patogen terpenting pada manusia dan hewan dan penyebab utama penyakit bawaan makanan di seluruh dunia [8]. Namun tulisan ini akan memaparkan patogenik *S. aureus* itu sendiri karena toksin alaminya, yaitu *Staphylococcal enterotoxin*.

B. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. *Staphylococcus Aureus* Patogen Yang Terjadi Makanan

Staphylococcus aureus adalah Gram-positif, tidak membentuk spora bakteri sferis yang termasuk dalam genus *Staphylococcus*. Mereka sering berkelompok menyusun seikat anggur. Nama "*Staphylococcus*" diambil dari bahasa Yunani, yang berarti seikat anggur (*staphyle*) dan *berry* (kokkos). *S. aureus* menghasilkan *Staphylococcus enterotoksin* (SE) dan bertanggung jawab atas hampir semua keracunan makanan *Stafilokokus* [9].

2. Karakteristik pertumbuhan dan kelangsungan hidup

Pertumbuhan dan kelangsungan hidup *S. aureus* tergantung pada sejumlah faktor lingkungan seperti suhu, aktivitas air (aw), pH, keberadaan oksigen dan komposisi makanan seperti yang disajikan pada Tabel 1. Parameter pertumbuhan fisik ini bervariasi untuk berbagai Strain *S. aureus* [10].

Tabel 1. Batas pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan produksi enterotoksin ketika kondisi lain mendekati optimum

	Pertumbuhan Bakteri		Produksi Enterotoksin	
	Optimum	Range	Optimum	Range
Suhu (°C)	37	7-48	40-45	10-48
pH	6-7	4-10	7-8	4.5-9.6
Water activity	0.98	0.83->0.99	0.98	0.87->0.99
Toleransi pada garam (%)	7-10	Up to 20	-	-

Sumber : [10][11]

Suhu pertumbuhan *S. aureus* adalah 7-48°C dengan suhu optimum sekitar 37°C. Pertumbuhan telah ditunjukkan pada rentang pH 4-10 dengan optimum pada 6-7. Sel-sel bakteri juga dapat mentolerir hingga 20% dalam konsentrasi natrium klorida [11].

Nilai pengurangan desimal rata-rata yang diamati (nilai D, nilai di mana konsentrasi awal sel bakteri akan berkurang 1 log₁₀ unit) adalah 4,8-6,6 menit pada 60 ° C ketika dipanaskan dalam kaldu [10]. Bakteri ini memiliki ketahanan panas yang lebih tinggi ketika dienkapsulasi dalam minyak, dengan nilai D pada 60 ° C 20,5 menit untuk *S. aureus* dalam ikan dan minyak [10]. Strain *S. aureus* yang sangat tahan panas (nilai D pada 60°C >15 menit dalam kaldu) telah ditemukan dari wabah bawaan makanan di India [10].

Beberapa pengawet kimia, termasuk sorbat dan benzoat, menghambat pertumbuhan *S. aureus*. Efektivitas pengawet ini meningkat seiring dengan penurunan pH. Metil dan propil paraben juga efektif [10].

3. Gejala penyakit

Inkubasi bakteri *S. aureus* minimal 7 jam setelah makan makanan yang mengandung enterotoksin (rata-rata 2-4 jam) [12]. Gejala yang dialami biasanya antara lain mual, muntah dan kram perut dan dapat diikuti dengan diare. Dalam kasus yang parah, sakit kepala, berkeringatan dan demam dapat terjadi. Dalam kasus ringan mungkin ada mual dan muntah tanpa diare, atau kram dan diare tanpa muntah. Pemulihannya cepat, biasanya dalam 2 hari. Stafiloenterotoksemia; enterotoksin menyebabkan peradangan pada lapisan saluran usus. Keracunan makanan stafilokokus jarang berakibat fatal tetapi kematian telah dilaporkan kadang-kadang pada anak-anak dan orang tua.

Lembar fakta lain dari Australia telah melaporkan bahwa gejala keracunan makanan stafilokokus umumnya memiliki onset yang cepat, muncul sekitar 3 jam setelah konsumsi (kisaran 1-6 jam). Gejala umum termasuk mual, muntah, kram perut dan diare. Individu mungkin tidak menunjukkan semua gejala yang berhubungan dengan penyakit. Dalam kasus yang parah, sakit kepala, kram otot dan perubahan sementara pada tekanan darah dan denyut nadi dapat terjadi. Pemulihan biasanya antara 1-3 hari [5]. Kematian jarang (0,03% untuk masyarakat umum) tetapi kadang-kadang dilaporkan pada anak-anak dan orang tua (4,4% tingkat kematian) [10]. *S. aureus* dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan yang tidak berhubungan dengan makanan seperti radang kulit (misalnya bisul dan bintil), mastitis, infeksi saluran pernapasan, sepsis luka dan sindrom syok toksik [10].

4. Virulensi dan infektivitas

Keracunan makanan stafilocokus adalah keracunan yang disebabkan oleh konsumsi makanan yang mengandung SE yang telah terbentuk sebelumnya [10]. Ada beberapa jenis SE; enterotoksin A paling sering dikaitkan dengan keracunan makanan stafilocokus. Enterotoksin D, E dan H, dan pada tingkat lebih rendah B, G dan I, juga telah dikaitkan dengan keracunan makanan stafilocokus [13], 2010 sebagaimana dikutip dalam Standar Makanan Australia, 2013). *Staphylococcal enterotoxin* diproduksi selama fase eksponensial pertumbuhan *S. aureus*, dengan kuantitas bergantung pada regangan. Biasanya, dosis SE yang menyebabkan penyakit terjadi ketika setidaknya ada 10⁵-10⁸ cfu/g *S. aureus* [10].

Sebagian besar gen untuk SE terletak pada elemen bergerak, seperti plasmid atau profag. Dengan demikian, transfer antar strain dapat terjadi, memodifikasi kemampuan strain *S. aureus* untuk menyebabkan penyakit dan berkontribusi pada evolusi patogen [14]; [13].

S. aureus menghasilkan SE dalam kisaran suhu 10-48°C, dengan optimum 40-45°C seperti yang disajikan pada Tabel 1. Dengan penurunan suhu, tingkat produksi SE juga menurun. Namun, SE tetap stabil di bawah penyimpanan beku. *Staphylococcal enterotoxin* sangat tahan terhadap pemanasan dan dapat bertahan dari proses yang digunakan untuk mensterilkan makanan kaleng rendah asam. Produksi SE dapat terjadi pada kisaran pH 4,5-9,6, dengan optimum 7-8. Produksi SE dapat terjadi di lingkungan anaerobik dan aerobik; namun, produksi toksin optimal dalam kondisi aerobik [10]. SEs tahan terhadap panas dan kondisi pH rendah yang dengan mudah menghancurkan bakteri *S. aureus*. *Staphylococcal enterotoxin* juga resisten terhadap enzim proteolitik, oleh karena itu SE mempertahankan aktivitasnya di saluran pencernaan setelah konsumsi. Ukuran SE berkisar antara 22-28 kDa dan mengandung loop disulfida yang sangat fleksibel di bagian atas domain terminal-N yang diperlukan untuk konfirmasi yang stabil dan dikaitkan dengan kemampuan SE untuk menginduksi muntah [14].

Telah disarankan bahwa SE merangsang neuroreseptor di saluran usus yang mengirimkan rangsangan ke pusat muntah di otak melalui saraf vagus [14]. Selain itu, SE mampu menembus lapisan usus dan merangsang respon imun inang. Pelepasan mediator inflamasi, seperti histamin, menyebabkan muntah. Respon imun pejamu juga tampaknya bertanggung jawab atas kerusakan saluran cerna yang terkait dengan konsumsi SE, dengan lesi yang terjadi di lambung dan bagian atas usus kecil. Diare yang dapat dikaitkan dengan keracunan makanan stafilocokus mungkin karena penghambatan reabsorpsi air dan elektrolit di usus kecil [14].

5. Cara penularan

Keracunan makanan stafilocokus terjadi ketika makanan yang dikonsumsi mengandung SE yang diproduksi oleh *S. aureus*. Penjamah makanan yang membawa *S. aureus* penghasil enterotoksin di hidung atau di tangan mereka dianggap sebagai sumber utama kontaminasi makanan melalui kontak langsung atau melalui sekresi pernapasan [14]. *S. aureus* bersaing buruk dengan bakteri lain dan karena itu jarang menyebabkan keracunan makanan dalam produk mentah. Susu yang tidak dipasteurisasi dapat menyebabkan keracunan makanan jika

jumlah organisme sangat tinggi, seperti ketika sapi menderita mastitis. Makanan yang memiliki risiko terbesar adalah makanan yang flora normalnya telah dihancurkan (misalnya daging yang dimasak) atau terhambat (misalnya daging yang diawetkan dan diasinkan). *Staphylococci* tumbuh dengan baik pada makanan yang dimasak yang tinggi protein, gula atau garam, rendah asam, atau makanan dengan isian lembab. *S. aureus* di lingkungan dapat menjajah peralatan pengolahan makanan di daerah yang sulit dibersihkan. Sering ditemukan pada debu sistem ventilasi [12].

6. Data kejadian penyakit dan wabah

Keracunan makanan *Staphylococcus* bukanlah penyakit yang harus dilaporkan di Australia atau Selandia Baru. Wabah yang terjadi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penyakit dan wabah *Staphylococcus*

Wilayah	Penyebab	Insiden	Referensi
Australia	Staphylococcal food poisoning (2 outbreaks reported in each 2010 and 2011). Keracunan makanan <i>Staphylococcus</i> (2 wabah dilaporkan di tahun 2010 dan 2011).	Makan makanan di mana enterotoksin telah diproduksi karena penyalahgunaan waktu dan suhu setelah persiapan	[12]
Eropa	Sekitar 0,07 kasus keracunan makanan staphylococcal dilaporkan per 100.000 penduduk pada tahun 2011 (berkisar dari <0,01-0,45 per 100.000 penduduk antar negara) Sekitar 0,04 kasus per 100.000 penduduk pada tahun 2010 resistensi antibiotik (meningkat dari tahun 2009 sebesar 0,03).	Keracunan Staphylococcal pada makanan	[10]
The United States (US)	Penyakit bawaan makanan <i>S. aureus</i> menyumbang 2,6% yang disebabkan oleh 31 patogen utama, sedangkan kejadian keracunan makanan <i>Staphylococcus</i> bersifat musiman.	Resistensi antibiotik dilaporkan sebagai vancomycin-intermediate <i>S. aureus</i> . Kebanyakan keracunan makanan stafilocokus terjadi pada akhir musim panas ketika suhu hangat dan makanan disimpan dengan tidak benar	[10]

Makanan yang terkait dengan wabah keracunan makanan stafilocokus termasuk daging dan produk daging, unggas dan produk telur, susu dan produk susu, salad, produk roti isi krim dan isian sandwich. Makanan yang memerlukan penanganan ekstensif selama persiapan dan disimpan di atas suhu pendinginan (4 °C) untuk waktu yang lama setelah persiapan sering terlibat dalam keracunan makanan stafilocokus [14]; [10].

Pencemaran *S. aureus* sering terjadi pada produksi pangan dan lingkungan tempat produksi. Sering terjadi perpindahan kontaminasi dari peralatan yang digunakan selama produksi. Prevalensi cemaran *S. aureus* dalam produksi pangan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Prevalensi *Staphylococcus aureus* dalam produksi pangan

Produk Makanan	Jumlah Sampel	Hasil	Referensi
Daging mentah dan unggas	186 sampel daging mentah (sapi, domba, ayam, kalkun)	Adanya gen penyandi laut pada 29 sampel daging (14,8% sapi, 15% domba, 15,7% ayam, 16,6% kalkun)	[15]
Keju	152 isolat	Deteksi kontaminasi <i>S. aureus</i> sebesar 47,3% pada keju bovine dan 98,8% pada keju caprine sekitar 70% isolat membawa satu atau lebih gen enterotoksin, 39% dari semua isolat, menunjukkan penurunan kerentanan terhadap penisilin.	[16]
Susu	220 sampel susu, 120 sampel dari tangki susu curah, 389 sampel dari peralatan pemerahan, 120 sampel dari tangan pemerah	Deteksi 56 strain <i>S. aureus</i> (6,6%): 12 (5,5%) diisolasi dari susu sapi, 26 (21,7%) dari susu tangki curah, 14 (3,6%) dari peralatan dan perlengkapan, 4 (3,3 %) dari sampel dari tangan pemerah	[17]
Keju	18 peternakan	51,4% sampel susu curah terkontaminasi oleh <i>S. aureus</i>	[18]
Konsumsi keju	14 orang yang menunjukkan penyakit setelah konsumsi keju	<i>Staphylococcal enterotoxin</i> (SE) A tingkat rendah (>6 ng SEA/g keju) dan enterotoksin D staphylococcus tingkat tinggi (>200 ng SED/g keju)	[19]
Bahan dasar susu	623 koagulase dari 78 susu mentah untuk keju yang terkontaminasi	609 positif Staphylococci, 1 adalah resisten methicillin <i>S. aureus</i>	[20]
sayuran dari daun	53 sampel dari sayuran dari daun, 31 sampel dari ternak dan 27 sampel yang diisolasi dari manusia	setidaknya satu gen penyandi enterotoksin (laut, seb, detik, sed dan lihat) menyumbang 11 (20,75%) dari 53 sampel sayuran daun. Semua <i>S. aureus</i> yang diisolasi dari sayuran daun telah ditemukan resisten terhadap lebih dari satu antibiotik yang diuji, 19 dari 53 (53,85%) telah	[21]

Korean rice cake	1,151 sampel	menunjukkan resisten multi-obat dan 11 di antaranya adalah <i>S. aureus</i> yang resisten methicillin (MRSA) 79 (6,9%) deteksi <i>S. aureus</i> , [22] produksi enterotoksin telah terdeteksi pada 21 (26,6%)
------------------	--------------	---

a. Terjadi pada daging mentah dan unggas

Kontaminasi *S. aureus* pada daging mentah dan produk unggas di Teheran, Iran dan jenis pengkodean enterotoksinya. Sampel daging dan produk unggas dikumpulkan dari berbagai daerah di Teheran. Seratus delapan puluh enam sampel daging dikumpulkan secara acak dari pedagang kota. Isolat diidentifikasi dengan menggunakan Polymerase Chain Reaction (PCR) untuk mendeteksi gen penyandi laut. Strain *S. aureus* telah diisolasi dari 29 (15,6%) sampel daging termasuk daging sapi 14,8%, domba mentah 15%, ayam mentah 15,7% dan kalkun mentah 16,6%. Spesies yang diisolasi dari lima sampel (dua daging sapi mentah, dua ayam mentah, dan satu kalkun mentah) dikodekan enterotoksin A dengan menggunakan set primer khusus[15]. Deteksi spesies penyandi enterotoksin dari sampel daging mentah merupakan peringatan bagi otoritas kesehatan, meskipun kontaminasi strain dalam bahan makanan kurang lebih merupakan hal yang rutin. Temuan ini menyoroti pentingnya pengawasan berkala terhadap daging mentah yang didistribusikan di antara konsumen biasa sehingga munculnya kontaminasi lebih lanjut dapat diminimalkan.

b. Kejadian dalam produksi keju susu mentah Norwegia

Penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mensurvei keberadaan *S. aureus* dan *Listeria monocytogenes* selama produksi keju dalam produksi keju susu mentah skala kecil di Norwegia. Sebanyak 49 batch keju caprine dan 73 batch keju bovine dijadikan sampel. Telah ditemukan prevalensi *S. aureus* pada sampel susu mentah sapi dan kaprin masing-masing adalah 47,3% dan 98,8%. Kontaminasi meningkat selama 2-3 jam pertama menghasilkan 73,6% prevalensi kontaminasi pada dadih sapi, dan 23 dari 38 sampel susu sapi yang bebas dari kontaminasi *S. aureus* memunculkan dadih positif *S. aureus*. Tingkat kontaminasi tertinggi *S. aureus* dicapai di kedua kaprin dan keju sapi dicatat setelah 5-6 jam yang terjadi setelah pengepresan pertama. Tidak ada kontaminasi *L. monocytogenes* dalam keju kaprin dan hanya satu (1,4%) keju sapi yang terkontaminasi. Temuan ini telah memberikan informasi tentang kontaminasi *S. aureus* dan *L. monocytogenes* selama proses pembuatan keju susu mentah dan memberikan kontribusi untuk memotivasi peningkatan status kebersihan produksi keju susu mentah di Norwegia [23].

c. Kejadian di peternakan sapi perah produksi keju

Penelitian telah dilakukan untuk mengatasi kesenjangan informasi dari identifikasi dalam penilaian risiko awal *S. aureus* dan keju susu mentah. Sebuah

survei terhadap keju segar dan keju matang yang diproduksi di peternakan sapi perah di Swedia telah dilakukan untuk menyelidiki terjadinya dan tingkat kontaminasi *S. aureus*, *L. monocytogenes* dan *Escherichia coli*. Sebanyak 152 isolat *S. aureus* telah diperiksa. Penelitian ini telah mengkarakterisasi isolat *S. aureus* terutama pada produksi gen enterotoksin, resistensi antibiotik, biotyping dan variasi genetik. Kualitas higienis keju peternakan umumnya dilakukan dengan kualitas mikrobiologis yang dapat diterima, karena kontaminasi *L. monocytogenes* dan enterotoksin stafilokokus tidak terdeteksi dalam sampel keju. Namun, *E. coli* dan enterotoksigenik *S. aureus* sering ditemukan pada keju susu mentah, sedangkan pada keju segar terkadang kadarnya tinggi. Menariknya, tingkat keju segar susu mentah secara signifikan lebih rendah ketika kultur starter digunakan. Hingga lima koloni *S. aureus* per keju telah diidentifikasi dan sekitar 70% isolat membawa satu atau lebih gen enterotoksin, yang paling umum adalah gen sec dan sea. Yang paling umum diidentifikasi di antara isolat dari keju susu kambing adalah biotipe Ovine (73%) dan biotipe Manusia (60%) yang diidentifikasi dari keju susu sapi. 39% dari semua isolat, menunjukkan penurunan kerentanan terhadap penisilin, tetapi proporsi isolat dari keju sapi (66%) secara signifikan lebih tinggi daripada isolat dari keju kambing (27%). Isolat *S. aureus* dengan sifat yang berbeda terdeteksi pada keju dari peternakan yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa berbagai sumber dan rute kontaminasi penting untuk meningkatkan keamanan produksi keju [16].

d. Terjadinya produksi susu dan lingkungannya

Penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi keberadaan isolat *S. aureus* dalam susu dan di lingkungan tempat produksi 10 peternakan skala kecil (<400 L/hari) yang terletak di wilayah Franca dan Ribeirao Preto, negara bagian Sao Paulo, Brasil. Sebanyak 220 sampel susu diambil dari individu sapi, 120 sampel dari susu tangki curah, 389 sampel dari peralatan dan perlengkapan pemerahan, dan 120 sampel dari tangan pemerah. Telah diisolasi 56 strain *S. aureus* dari 849 sampel yang dianalisis (6,6%), dimana 12 (5,5%) diisolasi dari sampel susu individu sapi, 26 (21,7%) diisolasi dari sampel susu tangki curah, 14 (3,6%) dari sampel yang dikumpulkan dari peralatan dan perlengkapan, dan 4 (3,3%) dari sampel dari tangan pemerah. PFGE mengetik g dari 56 isolat *S. aureus* menghasilkan 31 profil (tipe pulsa) yang tersusun dalam 12 klaster utama. Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan insiden yang rendah, tetapi telah ditemukan distribusi yang luas dari strain *S. aureus* yang diisolasi dari susu mentah yang dikumpulkan dari individu sapi, permukaan tangan pemerah dan peralatan pemerahan di peternakan sapi perah skala kecil. Namun, temuan ini telah memberikan informasi dan peringatan tentang masalah kesehatan masyarakat, karena masyarakat Brasil sering mengkonsumsi susu segar [17].

e. Kejadian di peternakan sapi perah keju

Walcher dkk. (2014) telah melakukan investigasi terhadap higiene rantai susu, meliputi status higiene mikrobiologis dari tahapan pengolahan kritis dan parameter fisikokimia untuk meningkatkan pemahaman sehingga kontaminasi *S. aureus* dapat diminimalkan. Rantai produksi keju regional dari 18 peternakan

dijadikan sampel pada dua kesempatan berbeda. Ditemukan 51,4% sampel susu curah terkontaminasi oleh *S. aureus*. Sampel positif *S. aureus* >100 cfu/ml juga ditemukan pada 17,1% sampel susu curah yang dikumpulkan selama pengambilan sampel lainnya. Jumlah sampel susu curah positif *S. aureus* yang lebih tinggi (94,3%) terdeteksi setelah menerapkan pendekatan kultur-independen. Efek konsentrasi *S. aureus* diamati selama pemrosesan dadih. *S. aureus* tidak selalu terdeteksi dengan metode kultur selama fase pematangan akhir, tetapi lebih dari 100 sel setara *S. aureus* diidentifikasi dengan pendekatan kultur-independen sampai akhir pematangan. Berdasarkan analisis PCR gen enterotoksin dan tipe PFGE, kejadian kontaminasi *S. aureus* paling banyak terjadi pada tingkat pasca pengolahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa higiene peternakan sapi perah berperan penting dalam meminimalkan risiko kontaminasi *S. aureus* dalam produksi keju. Selanjutnya, kegiatan pengambilan sampel yang memberikan data aktual diperlukan untuk pencatatan parameter fisikokimia selama pembuatan keju semi-keras dan pematangan keju, untuk memperkirakan risiko kontaminasi *S. aureus* sebelum dikonsumsi.

f. Terjadi pada keju yang dikonsumsi

Keju lunak yang dihasilkan dari susu sapi mentah telah dikonsumsi oleh anak-anak dan anggota staf di sekolah asrama Swiss pada Oktober 2014. Semua 14 orang yang menelan keju jatuh sakit dalam 7 jam berikutnya, termasuk 10 anak dan 4 anggota staf. Mereka menunjukkan gejala termasuk sakit perut dan muntah hebat, dilanjutkan dengan diare berat dan demam. Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki wabah keracunan makanan ini dan mengkarakterisasi agen penyebabnya. Durasi masa inkubasi berbeda berdasarkan usia pasien: 2,5 jam pada anak di bawah 10 tahun, 3,5 jam pada anak yang lebih tua dan remaja, dan 7 jam pada orang dewasa. Telah ditemukan bahwa keju lunak menunjukkan tingkat enterotoksin stafilokokus (SE) A yang rendah (>6 ng SEA/g keju) dan enterotoksin D stafilokokus tingkat tinggi (>200 ng SED/g keju). Hitungan 107 cfu *Staphylococci koagulase-positif* per gram keju terdeteksi, dengan 3 strain *S. aureus* yang berbeda hadir pada tingkat >106 cfu/g. Pengetikan spa dan perangkat microarray DNA digunakan untuk mengkarakterisasi 3 galur. Gen laut dan sed enterotoksin diidentifikasi sebagai sumber kejadian. Telah ditemukan karakteristik galur genotipe B yang dikonfirmasi dari galur sapi *S. aureus* yang dikenal sebagai prevalensi mastitis dan telah digambarkan sebagai kontaminan utama pada keju susu mentah Swiss. Diindikasikan bahwa susu mentah yang digunakan untuk produksi Tomme sangat terkontaminasi *S. aureus* dan kadarnya semakin meningkat karena pertumbuhan organisme dan efek konsentrasi fisik selama proses pembuatan keju. Mengingat kejadian ini dan kemungkinan terjadinya patogen bawaan makanan lainnya dalam susu sapi, konsumsi susu mentah dan keju lunak yang dihasilkan dari susu mentah merupakan risiko kesehatan, terutama bagi anak-anak dan orang-orang yang sensitif terhadap makanan yang terkontaminasi [19].

g. Terjadi pada keju susu mentah

Penelitian telah dilakukan untuk mengkarakterisasi isolat *S. aureus* dari keju susu mentah Swiss yang diperkirakan terkontaminasi oleh stafilokokus koagulase positif dan untuk memperkirakan frekuensi berbagai genotipe, terutama mastitis yang disebabkan oleh *S. aureus* genotipe B (GTB). Isolat dianalisis untuk gen staphylococcal enterotoxin (SE) dan faktor virulensi lainnya. Hasilnya menunjukkan 609 dari 623 stafilokokus positif koagulase yang diisolasi dari 78 keju susu mentah yang terkontaminasi, telah diidentifikasi sebagai *S. aureus*. Identifikasi semua isolat *S. aureus* dilakukan dengan amplifikasi PCR dari daerah spacer intergenik 16S-23S rRNA. Telah ditemukan 20 genotipe yang berbeda dan 5 genotipe yang paling sering muncul terdistribusi pada 6,4% atau lebih sampel. Enterotoksin yang diproduksi oleh *S. aureus* GTB, dianggap memiliki tingkat penularan yang tinggi dan peningkatan patogen esitas pada kawanan mastitis Swiss, telah ditemukan sebagai sub tipe yang paling melimpah pada tingkat sampel (71,8%) di antara isolat (62,0%). Sebuah subset dari 107 isolat dari genotipe yang berbeda dianalisis untuk keberadaan gen SE dan mengungkapkan 9 pola gen SE yang berbeda, dengan sed yang paling sering terdeteksi dan 26% menjadi PCR-negatif untuk gen SE. Hampir semua isolat GTB kontaminan utama mengandung pola gen SE sed, sej, dan ser, dengan setengahnya tambahan membawa laut. Produksi SE in vitro konsisten dengan gen SE yang terdeteksi di sebagian besar kasus, namun SEA tidak diproduksi oleh beberapa GTB yang diisolasi. Selanjutnya, ditemukan 1 dari 623 isolat adalah *S. aureus* yang resisten methicillin, yaitu *S. aureus* spa pembawa seh tipe t127 (non-GTB). Hasilnya menunjukkan bahwa pengendalian dan pengurangan enterotoksigenik *S. aureus* GTB pada peternakan sapi perah di Swiss tidak hanya akan mencegah kerugian ekonomi di tingkat peternakan tetapi juga meningkatkan keamanan keju susu mentah [20].

h. Terjadi pada sayuran daun

Keanekaragaman *S. aureus* dan pola resistensi antibiotiknya pada sayuran daun di Korea. Penelitian ini meneliti 53 sampel dari sayuran daun, 31 sampel dari ternak dan 27 sampel yang diisolasi dari manusia yang telah dibandingkan dengan isolat daun. Studi keragaman gen *S. aureus* terkait dengan produksi toksin dan resistensi antibiotik telah dilakukan dengan pulse *field gel electrophoresis* (PFGE) dan dianalisis polanya [21]. Hasilnya telah menunjukkan adanya setidaknya satu gen penyandi enterotoksin (laut, seb, detik, sed dan lihat) yang menyumbang 11 (20,75%) dari 53 sampel sayuran daun. Semua *S. aureus* yang diisolasi dari sayuran daun telah ditemukan resisten terhadap lebih dari satu antibiotik yang diuji, 19 dari 53 (53,85%) isolat telah menunjukkan resisten terhadap banyak obat dan 11 di antaranya adalah methicillin resistant *S. aureus* (MRSA). Dibandingkan dua sampel asal *S. aureus* lainnya, pola gen *S. aureus* dari sayuran daun dan manusia ditemukan serupa. Di sisi lain, pola *S. aureus* yang diisolasi dari ternak memiliki pola yang unik. Berdasarkan hasil ini, diindikasikan bahwa beberapa *S. aureus* yang diisolasi dari sayuran daun berasal dari manusia. Hasil ini didukung oleh kondisi di Korea yang pengumpulan dan pengemasan daun perilla dan selada dilakukan secara manual. Hal ini menunjukkan bahwa daun segar yang tidak

diproses menggunakan panas atau teknik sterilisasi lainnya dapat menjadi media transmisi *S. aureus*.

i. Terjadi di rice cake

Studi prevalensi *S. aureus* telah dilakukan di Korea terhadap produksi rice cake. Penyelidikan karakterisasi *S. aureus* telah dilakukan dengan memeriksa 1.151 sampel lontong yang telah dikumpulkan di Korea. *S. aureus* telah ditemukan dari 79 (6,9%) sampel ini, dan kejadian kontaminasi *S. aureus* ditemukan paling tinggi di jeolpyeon, jenis rice cake kukus. Di antara strain yang diuji ini menunjukkan karakteristik resistensi antibiotik, 15 strain (19,0%) telah menunjukkan resistensi antibiotik multipel dan 3 menunjukkan resistensi mec A positif dan oksasilin. Produksi enterotoksin telah terdeteksi pada 21 (26,6%) dari 79 galur *S. aureus*. Karakterisasi toksigenik sampel menunjukkan bahwa 19 (24,1%) isolat hanya memiliki satu SE, sedangkan 2 isolat memiliki 2 SE. Sebagian besar galur enterotoksigenik menghasilkan laut atau laut dalam kombinasi dengan toksin gen lain. Temuan ini menunjukkan bahwa kontaminasi *S. aureus* yang mengekspresikan gen laut di Korea mungkin disebabkan oleh tangan penjamah makanan. Hasilnya berguna untuk penilaian lebih lanjut dari potensi risiko keracunan makanan *S. aureus* terkait dengan gen profiling racun, resistensi antibiotik dan keragaman genetik terutama kontaminasi *S. aureus* pada lontong [22].

C. SIMPULAN DAN SARAN

Banyak penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki kejadian patogen bawaan makanan yang terkait dengan produksi makanan dan memberikan bukti kuat tentang kontaminasi *S. aureus* dan enterotoksin stafilocokus dalam produksi makanan. Temuan penelitian ini adalah peringatan bagi semua masyarakat yang terlibat dalam produksi makanan dan otoritas kesehatan masyarakat untuk melakukan kontrol tambahan atau pengambilan sampel untuk mencegah kontaminasi. Kontrol produksi makanan yang sering dapat mencegah wabah patogen bawaan makanan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. Addis and D. Sisay, "A Review on Major Food Borne Bacterial Illnesses," *J. Trop. Dis.*, vol. 3, no. 4, pp. 1–7, 2015.
- [2] A. H. Havelaar, S. Brul, A. de Jong, R. de Jonge, M. H. Zwietering, and B. H. ter Kuile, "Future challenges to microbial food safety," *Int. J. Food Microbiol.* 139., vol. 139, no. 2005, pp. 79–94, 2010.
- [3] WHO, "Fourth formal meeting of the Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group (FERG)," in *Fourth formal meeting of the Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group (FERG)*, no. July, Department of Food Safety and Zoonoses Health Security and Environment, 2015, p. 2015.
- [4] R. R. Arisanti, C. Indriani, and S. A. Wilopo, "Contribution of agents and factors causing foodborne outbreak in Indonesia: a systematic review," *Ber. Kedokt. Masy.*, vol. 34, no. 3, pp. 99–105, 2018, [Online]. Available:

- http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127%0Ahttp://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=.
- [5] FDA, *Handbook of foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins*, vol. 7, no. 1. s. <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/UCM297627.pdf>, 2012.
- [6] Centers for Disease Control and Prevention, "Foodborne Illnesses," <http://www.cdc.govt/nceh/vsp/training/videos/transcripts/foodborne.pdf>, no. July, p. 32, 2007.
- [7] C. N. Berger *et al.*, "Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogen," *Environ. Microbiol.*, vol. 12, no. 9, pp. 2385–2397, 2010.
- [8] A. Fetsch and S. Jöhler, *Staphylococcus aureus as a foodborne pathogen. Current Clinical Microbiology Report*. 2018.
- [9] A. Gnanamani, P. Hariharan, and M. Paul-Satyaseela, *Staphylococcus aureus: overview of bacteriology, clinical diseases, epidemiology, antibiotic resistance and therapeutic approach Frontiers in Staphylococcus aureus*, no. 1. Intech, 2017.
- [10] Australia Foods Standard, "Staphylococcus aureus," <http://www.foodstandards.gov.au/publications/Documents/Staphylococcus%20aureus.pdf>. Retrieved on 23 July, no. July, p. 2015, 2013.
- [11] G. Wirtanen and S. Salo, "Biofilm risks," in *Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*, vol. 3, no. 2, Woodhead Publishing, 2016, pp. 80–91.
- [12] ESR, *Staphylococcus aureus*, no. July. 2015.
- [13] I. V. Pinchuk, E. J. Beswick, and V. E. Reyes, "Staphylococcal enterotoxins," *Toxins (Basel)*, vol. 2, pp. 2177–2197, 2010.
- [14] M. A. Argudin, M. C. Mendoza, and M. R. Rodicio, "Food poisoning and Staphylococcus aureus enterotoxins," *Toxins (Basel)*, vol. 2, no. 7, pp. 1751–1773, 2010.
- [15] M. H. S. Zargar, R. H. Doust, and A. M. Mobarez, "Staphylococcus aureus enterotoxin A gene isolated from raw red meat and poultry in Tehran, Iran," *Int. J. Enteric Pathog.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–6, 2014, [Online]. Available: <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>.
- [16] A. Rosengren, A. Fabricius, B. Guss, S. Sylven, and R. Lindqvist, "Occurrence of foodborne pathogens and characterization of Staphylococcus aureus in cheese produced on farm-dairies," *Occur. foodborne Pathog. Charact. Staphylococcus aureus cheese Prod. farm-dairies*, vol. 144, pp. 263–269, 2010.
- [17] S. H. I. Lee *et al.*, "Characterization of Staphylococcus aureus isolates in milk and the milking environment from small-scale dairy farms of Sao Paulo, Brazil, using pulsed-field gel electrophoresis," vol. 95, pp. 7377–7383, 2012, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5224/1/UPS-QT03885.pdf>.

- [18] G. Walcher *et al.*, "Staphylococcus aureus reservoirs during traditional Austrian raw milk cheese production," *J. Dairy Res.*, vol. 39, pp. 1–9, 2014, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025><http://dx.doi.org/10.1038/nature10402><http://dx.doi.org/10.1038/nature21059><http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127><http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577><http://>.
- [19] S. Johler *et al.*, "Outbreak of staphylococcal food poisoning among children and staff at a Swiss boarding school due to soft cheese made from raw milk," *J. Dairy Sci.*, vol. 98, pp. 1–5, 2015.
- [20] J. Hummerjohann, J. Naskova, A. Baumgartner, and H. U. Graber, "Enterotoxin-producing Staphylococcus aureus genotype B as a major contaminant in Swiss raw milk cheese Journal," *J. Dairy Sci.*, vol. 97, pp. 1–8, 2014, [Online]. Available: <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>.
- [21] J. Hong, Y. Kim, S. Heu, S. Kim, K. Kim, and E. Roh, "Genetic diversity and antibiotic resistance patterns of Staphylococcus aureus isolated from leaf vegetables in Korea," *J. Food Sci.* 80(7), vol. 80, no. 7, pp. 1526–1531, 2015, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/downloadhttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil_wars_12December2010.pdf<https://thinkasia.org/handle/11540/8282><https://www.jstor.org/stable/41857625>.
- [22] Y. Cho, H. Wang, J. Lee, D. Lee, and D. Shin, "Prevalence and characterization of Staphylococcus aureus pathogenic factors isolated from Korean rice cakes," *Food Sci. Biotechnol.*, vol. 22, no. 4, pp. 1153–1159, 2013.
- [23] R. A. Jakobsen, R. Heggebo, E. B. Sunde, and M. Skjervheim, "Staphylococcus aureus and Listeria monocytogeneses in Norwegian raw milk cheese production Food," *Food Microbiol.*, vol. 28, pp. 492–496, 2011, [Online]. Available: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7130/1/LUZARDO-BUIATRIA-2017.pdf>.