

Bakteri Utama Penyebab Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan

Mutiara Apriliansyah¹, Ade Zuhrotun², Dwie Astrini³

¹Program Studi Profesi Apoteker, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia,

²Departemen Biologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia,

³Laboratorium Mikrobiologi, Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan, Bandung, Indonesia

Abstrak

Kejadian Luar Biasa (KLB) Keracunan Pangan (KP) merupakan kejadian saat dua orang atau lebih menderita sakit dengan gejala yang sama atau hampir sama setelah mengonsumsi pangan yang terbukti sebagai sumber keracunan berdasarkan epidemiologinya. KLB KP mengakibatkan angka kesakitan yaitu 46,62% dengan gejala berupa mual, muntah, diare, sakit perut, demam, gatal-gatal, gangguan pernapasan, dan gangguan penglihatan. Angka kematian yang dilaporkan akibat KLB KP yaitu 0,18%. Kasus KLB KP sulit dicegah dikarenakan adanya perbedaan karakteristik dari setiap agen mikroba, sehingga diperlukan antisipasi maupun upaya penanggulangan yang spesifik agar angka kesakitan dan kematian KLB KP dapat diturunkan. Upaya yang dapat dilakukan yaitu meningkatkan pengetahuan terkait bakteri-bakteri utama penyebab KLB KP berdasarkan data epidemiologi yang tepat dan lengkap, sehingga masyarakat dapat menjadi lebih peka dalam mengolah, memilih, dan mengonsumsi pangan yang aman. Tujuan penulisan artikel *review* ini adalah untuk mengetahui informasi mengenai bakteri penyebab KLB KP dan cara penanggulangannya sehingga dapat mencegah terjadinya kembali kasus KLB KP. Metode yang dilakukan adalah penelusuran pustaka menggunakan basis data elektronik seperti *Google Scholar*, *ScienceDirect*, dan *PubMed* dengan kata kunci “KLB Keracunan Pangan”, “Bakteri Utama Penyebab KLB KP”, “Epidemiologi KLB KP”, “Cemaran mikroba”, dan kata kunci lainnya terkait mikroba, jenis bakteri cemaran, gejala keracunan, serta penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan penanganannya. Diperoleh 50 artikel yang memenuhi kriteria dan didapatkan beberapa bakteri utama yang mengakibatkan terjadinya KLB KP terutama di Indonesia pada tahun 2020 yaitu *Staphylococcus aureus* (30%); *Bacillus cereus* (26,67%); *Salmonella* spp. (16,67%); *Escherichia coli* (16,67%); dan *Clostridium* spp. (6,67%). Kasus KLB KP membutuhkan penanganan khusus, sehingga diperlukan adanya pelaporan kasus kepada bagian yang berwenang serta sanitasi dan kebersihan juga perlu ditingkatkan untuk mencegah terjadinya KLB KP.

Kata kunci: *Bacillus cereus*, *Clostridium* spp., *Escherichia coli*, KLB KP, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*

The Main Bacteria That Cause Foodborne Outbreak

Abstract

Extraordinary Occurrence of Food Poisoning or Foodborne Outbreak is when two or more people suffer from illness with the same or almost the same symptoms after consuming food that is proven to be a source of poisoning based on its epidemiology. Foodborne outbreak resulted a morbidity rate of 46.62% with symptoms including nausea, vomiting, diarrhea, abdominal pain, fever, itching, respiratory problems and visual disturbances. The reported mortality rate due to foodborne outbreak is 0.18%. Foodborne outbreaks are difficult to prevent due to the different characteristics of each causative agent. Therefore, anticipation as well as specific prevention is necessary to reduce the morbidity and mortality of foodborne outbreak. Efforts that can be made are to enrich knowledge regarding the main bacteria that cause foodborne outbreaks based on accurate and complete epidemiological data. Thus, people can become more considerate in processing, choosing, and consuming safe food. This review aims to obtain information about the bacteria that cause foodborne outbreaks and how to overcome them, so that it can prevent the recurrence of foodborne outbreak. The method used is exploring literature using electronic databases such as Google Scholar, ScienceDirect, and PubMed with the keywords “foodborne outbreaks”, “main bacteria that cause foodborne outbreaks”, “epidemiology of foodborne outbreaks”, “microbial contamination”, and other keywords related to microbes, types of bacterial contamination, symptoms of poisoning, diseases caused by bacteria and their handling. There were 50 articles that met the criteria and several bacteria that caused foodborne outbreaks especially in Indonesia in 2020, namely *Staphylococcus aureus* (30%); *Bacillus cereus* (26.67%); *Salmonella* spp. (16.67%); *Escherichia coli* (16.67%); and *Clostridium* spp. (6.67%). Foodborne outbreak cases require special treatment; therefore, it is necessary to report foodborne outbreak cases to the authorized department, also sanitation and hygiene need to be improved to prevent foodborne outbreaks.

Keywords: *Bacillus cereus*, *Clostridium* spp., *Escherichia coli*, foodborne outbreak, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*

Korespondensi: Mutiara Apriliansyah, S.Farm., Program Studi Profesi Apoteker, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Bandung, Jawa Barat 45363, Indonesia, email: apriliansyah.mutiara@gmail.com

Pendahuluan

Makanan merupakan salah satu sumber penularan penyakit. Pangan merupakan sesuatu dari sumber hayati maupun air baik diolah atau tidak diolah untuk konsumsi manusia. Konsumsi pangan yang mengandung cemaran agen infeksius atau patogen dapat mengakibatkan penyakit tertentu (*Foodborne Disease*). Beberapa kondisi yang mendasarinya adalah penggunaan air dalam pembersihan dan pemrosesan makanan tidak aman, proses produksi makanan yang buruk, penyimpanan yang tidak memadai, dan pengelolaan makanan yang kurang baik. Gejala yang timbul akibat *Foodborne Disease* dapat mengakibatkan keracunan pangan yang serius.¹⁻³ Gejala klinis yang terjadi dapat berupa gejala ringan seperti mual, muntah, sakit perut, sakit kepala, diare, dehidrasi, dan lemas; hingga gejala berat yang dapat mengakibatkan kematian.⁴ Keracunan Pangan merupakan kondisi ketika seseorang mengalami sakit dengan gejala keracunan yang terjadi karena konsumsi pangan yang sudah terkontaminasi baik oleh cemaran biologis maupun kimia,² sedangkan Kejadian Luar Biasa (KLB) Keracunan Pangan (KP) atau *Foodborne Outbreak* adalah kejadian ketika terdapat dua orang atau lebih menderita sakit dengan gejala yang sama atau hampir sama setelah mengonsumsi pangan yang terbukti sebagai sumber keracunan berdasarkan epidemiologinya.⁵

Kejadian Luar Biasa akibat keracunan merupakan salah satu bencana non alam yang paling sering terjadi di Indonesia dengan presentase kejadian yaitu 39,8%.⁶ Pada tahun 2020, terdapat 45 laporan kejadian KLB KP yang terjadi di Indonesia. Kasus KLB KP terbanyak yang dilaporkan di antaranya berada di provinsi DKI Jakarta sebanyak 6 kasus KLB KP (13,33%); diikuti Kalimantan Timur 5 kasus KLB KP (11,11%); Sulawesi Tenggara 5 kasus KLB KP (11,11%); Jawa Barat 4 kasus KLB KP (8,89%); dan Jawa

Tengah 4 kasus KLB KP (8,89%). Sumber pangan yang menyebabkan KLB KP tertinggi yaitu masakan rumah tangga (49%), diikuti jasa boga (20%), dan jajanan (9%). Tingginya kasus KLB KP yang diakibatkan oleh makanan dapat meningkatkan angka kesakitan dan angka kematian. KLB KP mengakibatkan beberapa gejala dengan presentase angka kesakitan yaitu 46,62% yang berasal dari gejala berupa mual, muntah, diare, sakit perut, demam, gatal-gatal, gangguan pernapasan, dan gangguan penglihatan. KLB KP dengan kasus yang parah juga dapat mengakibatkan kematian. KLB KP dilaporkan mengakibatkan korban meninggal dengan angka kematian yaitu 0,18%.⁷

Kasus KLB KP di Indonesia tidak dapat mewakili seluruh kejadian dikarenakan banyaknya kasus KLB KP yang tidak dilaporkan oleh masyarakat maupun tidak terdata oleh Dinas Kesehatan. *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa di suatu negara berkembang paling tidak terdapat 99% kasus yang tidak dilaporkan. Selain itu, agen bakteri penyebab terjadinya kasus KLB pada keracunan pangan sulit diketahui, sehingga lebih diarahkan untuk menghitung jumlah kasus yang terjadi.^{7,8} Namun demikian, terdapat beberapa bakteri utama yang sering ditemukan dapat mengakibatkan terjadinya KLB KP di Indonesia pada tahun 2020, yaitu *Staphylococcus aureus* (30%); *Bacillus cereus* (26,67%); *Salmonella* spp. (16,67%); *Escherichia coli* (16,67%); dan *Clostridium* spp. (6,67%).⁷ Kasus KLB KP sulit dicegah dikarenakan adanya perbedaan karakteristik dari setiap agen mikroba, sehingga diperlukan antisipasi maupun upaya pencegahan dan penanggulangan yang spesifik agar angka kesakitan dan kematian dapat diturunkan.⁸

Salah satu upaya dalam meningkatkan kewaspadaan dini yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan pengetahuan terkait bakteri-bakteri utama penyebab KLB KP berdasarkan data epidemiologi yang

tepat dan lengkap, sehingga masyarakat dapat menjadi lebih peka dalam mengolah, memilih, dan mengonsumsi pangan yang aman. Namun, penelitian mengenai bakteri penyebab KLB KP di Indonesia masih sedikit dan sebagian besar hanya terpusat pada kasus KLB KP pada satu wilayah maupun satu bakteri saja.^{1,4,31} Adanya artikel *review* mengenai bakteri-bakteri yang sering ditemukan pada KLB KP di Indonesia seperti *Staphylococcus aureus*; *Bacillus cereus*; *Salmonella* spp.; *Escherichia coli*; dan *Clostridium* spp. diharapkan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat terkait bakteri, penyakit yang diakibatkan, dan cara penanggulangannya sehingga dapat mencegah terjadinya kembali kasus KLB KP.

Metode

Artikel *review* ini dilakukan dengan melalui penelusuran pustaka mengenai bakteri penyebab kasus KLB KP, terutama di Indonesia pada tahun 2020. Sumber data yang digunakan adalah laporan tahunan yang dipublikasikan seperti laporan kinerja maupun laporan investigasi dari Lembaga Badan Pengawas Obat dan Makanan (POM), Balai Besar POM tiap wilayah, Kementerian Kesehatan, dan Lembaga lainnya. Sumber lainnya yang digunakan yaitu peraturan terkait KLB KP, artikel, publikasi ilmiah, situs resmi, dan jurnal dari situs nasional maupun internasional terkait KLB KP akibat bakteri. Basis data elektronik yang digunakan di antaranya *Google Scholar*, *ScienceDirect*, dan *PubMed* dengan kata kunci “KLB Keracunan Pangan”, “Bakteri Utama Penyebab KLB KP”, “Epidemiologi KLB KP”, “Cemaran mikroba”, dan kata kunci lainnya yang terkait dengan mikroba, jenis bakteri cemaran, gejala keracunan, serta penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan penanganannya. Kriteria inklusi sumber pustaka yaitu diterbitkan selama 10 tahun terakhir dari 2012–2022 menggunakan Bahasa Inggris maupun Indonesia mengenai KLB KP.

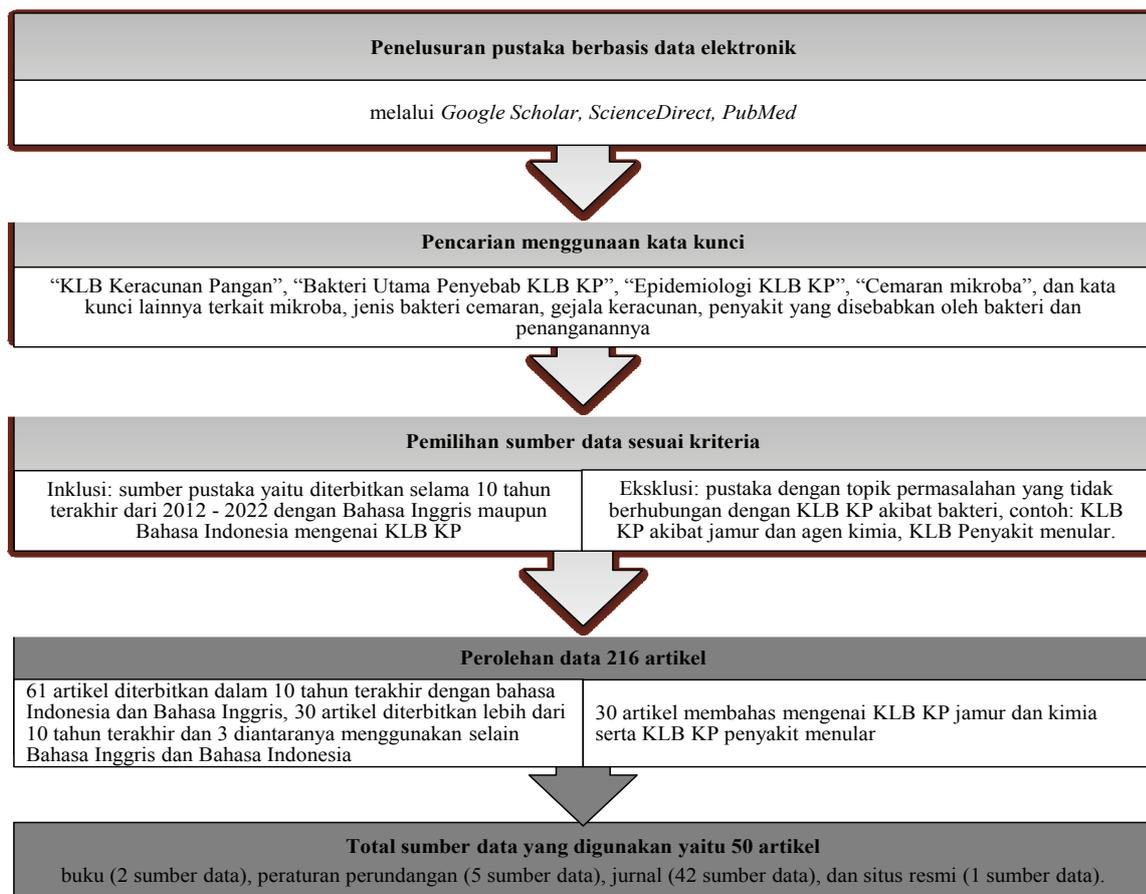
Kriteria eksklusi yaitu pustaka dengan topik permasalahan yang tidak berhubungan dengan KLB KP akibat bakteri seperti KLB KP yang diakibatkan oleh jamur dan agen kimia, serta KLB penyakit menular. Total pengumpulan data publikasi adalah 133 artikel, terdapat 44 artikel yang diterbitkan lebih dari 10 tahun terakhir, 3 artikel menggunakan bahasa selain Indonesia dan Inggris, 36 artikel mengenai KLB KP jamur dan kimia serta KLB Penyakit menular. Setelah proses seleksi diperoleh 50 artikel terkait KLB KP yang dapat dianalisis lebih lanjut. Artikel tersebut terdiri atas buku (2 sumber data), peraturan perundangan (5 sumber data), jurnal (42 sumber data), dan situs resmi (1 sumber data). Metode yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil dan Pembahasan

Kontaminasi bakteri dapat terjadi di proses manapun baik dari produksi, pemrosesan, distribusi, persiapan hingga menjadi produk jadi yang akan dikonsumsi. Risiko makanan terkontaminasi sangat tergantung pada beberapa hal seperti status kesehatan dan kebersihan pembuat makanan, pengetahuan dan praktik *food hygiene*, patogen yang tertelan bersama pangan, dan adanya toksin agen patogen yang masuk ke dalam makanan.^{9,10} Dalam artikel *review* ini, dipaparkan beberapa bakteri patogen utama pada pangan yang berpotensi mengakibatkan KLB KP. Bakteri-bakteri tersebut disusun berdasarkan tingkat kejadian KLB KP yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus (*S. aureus*) merupakan penyebab KLB KP paling sering dilaporkan di Indonesia yaitu 30% dari kasus KLB KP dengan agen mikrobiologi yang diketahui.⁷ Selain itu, *S. aureus* juga merupakan penyebab paling umum keracunan pangan di Amerika Serikat dengan jumlah kasus 241.000 per tahunnya.¹¹



Gambar 1 Metode Penelitian

S. aureus merupakan bakteri Gram positif, anaerobik fakultatif, memiliki koloni yang bulat dan berwarna kuning keemasan, bersifat oportunistik dan tidak dapat membentuk spora namun dapat mengontaminasi produk makanan.^{11,12,16} *S. aureus* dapat tumbuh pada rentang suhu yang luas yaitu 7–48,5°C dengan suhu pertumbuhan optimal yaitu 30–37 °C; dan pada pH 4,2–9,3 dengan pH pertumbuhan optimal yaitu 7–7,5. *S. aureus* toleran terhadap desikasi sehingga dapat hidup di lingkungan yang stres dan kering seperti kulit, permukaan benda mati, dan dapat tumbuh pada makanan. Bakteri ini dapat hidup di suatu permukaan untuk waktu yang lama.^{11,16}

S. aureus sering ditemukan pada produk susu, keju, coklat, daging, ikan, produk siap saji, ayam setengah matang, daging babi, daging sapi, kue tradisional, roti, kentang, dan telur. *S. aureus* memiliki onset yang cepat

dalam menginfeksi, yaitu 3–5 jam setelah menelan makanan yang terkontaminasi. Hal ini diakibatkan oleh produksi toksin yaitu *Staphylococcal enterotoxin* (SEs) yang meningkat seiring waktu, dengan masa inkubasi yaitu 1–7 jam setelah paparan. Sebagian besar keracunan dapat sembuh dalam 24–48 jam setelah onset, namun dapat menjadi parah jika menginfeksi bayi, orang tua, dan pasien dengan gangguan sistem imun. Dosis infeksi yang mengakibatkan keracunan makanan pada manusia yaitu 0,1 mcg SEs.^{11,12,15,16} Persyaratan *S. aureus* pada pangan olahan bervariasi berdasarkan jenis pangannya seperti pada keju, tahu dan pasta yaitu 10²–10³ koloni/g; pada minuman kedelai yaitu 10–10² koloni/g; pada produk daging kering yaitu 10²–10⁴ koloni/g.¹³ Diagnosis dapat dilakukan dengan identifikasi bakteri menggunakan *reverse transcription polymerase chain*

Tabel 1 Bakteri Utama Penyebab Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan

No.	Nama Bakteri	Jenis	Suhu Pertumbuhan	Tempat	Gejala	Waktu Timbul Gejala	Pustaka
1	<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram positif	7–48,5°C; suhu optimum: 30–37°C	Produk susu, keju, coklat, daging, ikan, produk siap saji, ayam setengah matang, daging babi, daging sapi, kue tradisional, roti, kentang, dan telur.	Muntah tiba-tiba, diare, mual, hipersalivasi, dehidrasi, malaise, kram perut, nyeri.	3–5 jam.	11,12, 15,16
2	<i>Bacillus cereus</i>	Gram positif	10–50°C; suhu optimum: 28–37°C	Sayuran baik olahan maupun tidak, daging, sup, puding, saus, produk susu, produk mengandung beras seperti nasi rebus atau nasi goreng, saus vanilla/ <i>custard</i> .	Sindrom diare dan sindrom emetik/muntah.	Sindrom diare: 8–16 jam. Sindrom emetik: 5 jam.	9,17,18, 19,20,21
3	<i>Salmonella</i> spp.	Gram negatif	5–47°C; suhu optimum: 35–37°C	Daging sapi, daging ayam, keju dari susu yang tidak dipasteurisasi, biji kering, buah-buahan dan sayuran segar seperti apel, melon, mangga, selada, ketumbar, tomat, melon, jus jeruk, seledri, dan Peterseli.	Salmonellosis: Gejala umum yaitu enterokolitis akut, diare, demam, keram perut. Gejala serius yaitu demam tinggi, nyeri, sakit kepala, lesu, ruam, darah dalam urin atau tinja. Demam tifoid: Demam enterik, anoreksia, sakit kepala, lesu, mialgia, konstipasi, dan gejala nonspesifik lainnya.	6–72 jam.	9,24,26, 27,28,29
4	<i>Escherichia coli</i>	Gram negatif	23–40°C; suhu optimum: 37°C	Produk segar atau mentah seperti sayuran hijau yang ditanam pada lingkungan yang terbuka, <i>hamburger</i> , produk susu yang belum di pasteurisasi, dan makanan siap saji.	EPEC: Diare berair, sakit perut, mual, muntah dan demam. ETEC dan DAEC: Diare berair. EAEC: Diare persisten, demam, muntah, nyeri perut, HUS. Shigella/EIEC: Disentri, diare berair, kram perut yang parah, demam, menggigil, tinja mengandung darah dan lendir. Gejala berat yaitu megakolon, perforasi usus, peritonitis, pneumonia, dan HUS. STEC/ EHEC: Diare berair, <i>hemorrhagic colitis</i> (HC) atau diare berdarah, demam, dan kram perut.	6–96 jam.	9,31, 32,33, 34,35, 36,37, 38,40, 41
5	<i>Clostridium</i> spp.	Gram positif	15–55°C	Makanan dalam kaleng seperti daging dan produk makanan laut, makanan rendah asam, dan permukaan sayuran serta buah-buahan.	C. botulinum: Botulinum, vertigo, penglihatan ganda atau kabur, kehilangan refleks cahaya, bicara cadel, kesulitan menelan, mulut kering, diare, mual, kekuatan otot menurun, adanya kelumpuhan otot termasuk otot sistem pernapasan. C. perfringens: nyeri perut yang menyebar, diare berair dan tidak berdarah, muntah. Gejala berat: ganggren gas, sepsis perut.	C. botulinum: 18–36 jam. C. perfringens: 6–24 jam.	43,44, 45,46, 47,48, 49

Keterangan: EPEC=Enteropathogenic *E. coli*; ETEC=Enterotoxigenic *E. coli*; DAEC=Diffusely adherent *E. coli*; EAEC=Enteraggregative *E. coli*; EIEC=Enteroinvasive *E. coli*; STEC=Shiga toxin-producing *E. coli*; EHEC=Enterohemorrhagic *E. coli*

reaction (RT-PCR), *high performance liquid chromatography* (HPLC), *mass spectrometry* (MS), metode imunologi (*enzyme-linked immunosorbant assay*/ELISA, *enzyme-linked fluorescent immunoassay*/ELFA, *reverse passive latex agglutination*/RPLA), serta pengujian mikrobiologi terhadap koloni *S. aureus* melalui tes koagulasi dan hemolisin, Sampel yang digunakan dapat berupa sampel dari muntahan, makanan, maupun tinja.^{11,14–16}

S. aureus dapat disebarkan melalui kontaminasi silang dari manusia ke makanan atau dari lingkungan ke makanan pada saat penyiapan, proses produksi, maupun penyimpanan. Bakteri ini menginfeksi dengan mekanisme bakteri akan masuk melalui makanan dan menghasilkan beberapa toksin salah satunya yaitu SEs di dalam tubuh. SEs merupakan toksin pirogenik yang menyebabkan aktivitas superantigenik seperti immunosupresi dan proliferasi sel T yang non-spesifik. SEs sangat stabil dan tahan panas sehingga tahan terhadap pembekuan, pengeringan, enzim proteolitik seperti pepsin dan tripsin, serta tahan pada pH rendah. Hal ini mengakibatkan bakteri *S. aureus* cepat menginfeksi saluran pencernaan setelah dikonsumsi. Aktivitas superantigenik SEs memungkinkan toksin untuk memasuki aliran darah, kemudian SEs akan dideteksi oleh *antigen presenting cells* (APC) dan sel T sehingga menimbulkan respon inflamasi. Respon inflamasi yang terjadi dimulai dari inflamasi usus akibat dari aktivitas superantigenik yang memengaruhi sel mast usus dan mengakibatkan degranulasi sel mast pada usus. SEs memengaruhi epitel usus dan saraf vagus yang menyebabkan stimulasi pusat muntah. Gejala yang ditimbulkan akibat keracunan *S. aureus* di antaranya muntah tiba-tiba, diare, mual, hipersalivasi, dehidrasi, malaise, kram perut, nyeri.^{11,12}

Penanganan keracunan *S. aureus* tidak dapat dilakukan dengan menggunakan antibiotik karena toksin bukan mikroorganisme yang bereplikasi sehingga tidak dapat bereaksi

pada antibiotik. Pemberian antibiotik dapat mengakibatkan kematian bakteri yang kemudian meningkatkan pelepasan toksin pada saat bakteri mati. Hal ini dapat menimbulkan timbulnya syok septik dan meningkatkan terjadinya resistensi antibiotik. Penanganan dilakukan dengan pengobatan simptomatis yaitu pengobatan berdasarkan gejala seperti pemberian antiemetik apabila terdapat mual dan muntah, pemberian pengganti cairan seperti oralit bila terjadi dehidrasi, antipiretik bila demam, pemberian karbon aktif, serta antidiare.^{11,14,15} Pencegahan keracunan *S. aureus* dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu di atas 60°C atau pendinginan dengan suhu di bawah 5°C karena suhu produksi toksin *S. aureus* berada pada rentang 6–46°C. Dalam pengolahan makanan, dianjurkan untuk menggunakan sarung tangan, masker, *hairnet*, dan menjaga kebersihan makanan agar tidak terjadi kontaminasi silang dari manusia ke makanan; serta melakukan desinfeksi peralatan yang digunakan dalam pengolahan. Selain itu, bersihkan lemari pendingin setiap bulan dan perhatikan kebersihan makanan baik sebelum diproses, saat tahap proses, dan penyimpanannya.^{11,16}

Bacillus cereus

Bacillus cereus (*B. cereus*) merupakan penyebab KLB KP pada 26,67% kasus di Indonesia dengan agen mikrobiologi yang diketahui.⁷ Selain itu, *B. cereus* juga diperkirakan menyebabkan 63.400 kasus keracunan makanan per tahun di Amerika Serikat dan dilaporkan menyebabkan 6.221 kasus KLB pada tahun 2014–2016 di Uni Eropa.^{17,18} *B. cereus* merupakan bakteri Gram positif, aerobik fakultatif, dapat membentuk spora, berbentuk batang, motil, memiliki koloni berwarna merah muda, dan lesitinase positif. Spora yang dihasilkan oleh *B. cereus* memiliki pili dan bersifat lebih hidrofobik, sehingga memungkinkan spora untuk menempel pada berbagai jenis permukaan. *B.*

Cereus umumnya dianggap bakteri mesofilik dengan suhu pertumbuhan yaitu 10–50°C dan suhu optimum yaitu 28–37°C, hanya beberapa galur yang dapat berkembang biak di bawah 7°C dan di atas 45°C. Patogen ini dapat tumbuh pada pH 4,3–9,3 dengan pH optimum antara 6,0 dan 7,0. Kemampuannya dalam membentuk spora mengakibatkan bakteri ini dapat bertahan pada kondisi ekstrem termasuk panas, pembekuan, pengeringan, pH rendah, maupun radiasi. *B. cereus* sering ditemukan di tanah, lingkungan air tawar dan air laut, pada bahan yang membusuk, saluran usus hewan, dan serangga. *B. cereus* mampu membentuk biofilm sehingga sulit untuk dilakukan pembersihan maupun desinfeksi pada permukaan yang terkontaminasi.^{9,18-21}

Jenis makanan yang sering mengandung bakteri *B. cereus* adalah produk sayuran (kontaminasi dari tanah pertanian) baik olahan maupun tidak, daging, sup, puding, saus, produk susu, produk mengandung beras seperti nasi rebus atau nasi goreng, dan saus vanila/*custard*. Keracunan makanan akibat *B. cereus* dapat terjadi ketika makanan disiapkan tanpa pendinginan yang memadai selama beberapa jam sebelum disajikan.^{9,19} Persyaratan *B. cereus* pada pangan olahan bervariasi berdasarkan jenis pangannya, seperti pada sereal yaitu 10–10³ koloni/g dan pada tepung atau pati yaitu 10³–10⁴ koloni/g. Diagnosis dapat dilakukan menggunakan PCR dan uji mikrobiologi seperti pewarnaan gram, hemolisis, pewarnaan spora, morfologi koloni, dan motilitas dengan sampel yang digunakan yaitu muntahan maupun tinja.^{13,18}

Pada saat mengonsumsi makanan yang terkontaminasi oleh *B. cereus*, bakteri akan masuk ke dalam saluran pencernaan dan mengakibatkan dua penyakit gastrointestinal yaitu sindrom emetik atau muntah dan sindrom diare. Sindrom emetik terjadi sekitar 5 jam setelah konsumsi makanan terkontaminasi yang diakibatkan oleh adanya toksin cerulide pada makanan. Cerulide merupakan toksin *B.*

Cereus yang resisten terhadap pH, panas, dan proteolisis yang sudah terbentuk sebelumnya dalam makanan sehingga mengakibatkan efek muntah dengan cepat dan akut. Mekanisme dan tempat kerja dari cerulide belum diketahui pasti, sedangkan sindrom diare dan kram perut biasanya muncul 8–16 jam setelah konsumsi makanan terkontaminasi, gejala ini dapat bertahan selama 12–24 jam. Sindrom diare diakibatkan oleh konsumsi sel-sel hidup yang menghasilkan enterotoksin di usus kecil. Toksin ini dihasilkan dari endospora pada *B. cereus* yaitu enterotoksin hemolisin BL (HBL) dan enterotoksin non-hemolitik (NHE). HBL memiliki aktivitas hemolitik, demonekrotik, dan mampu menyebabkan akumulasi cairan pada lengkung rabbit ileal sehingga meningkatkan sekresi cairan usus. Sementara itu, NHE dapat menyebabkan lisis osmotik dengan membentuk pori transmbran. Dosis infeksi dari toksin cerulide adalah 10⁴–10⁹ sel/gram makanan dan dosis infeksi *B. cereus* saat dikonsumsi yaitu 10⁵–10⁸ sel/gram. Gejala utama yang ditimbulkan dari keracunan *B. cereus* yaitu muntah, mual, kram perut, dan diare. Gejala tambahan yang dapat timbul yaitu malaise, meringis, dehidrasi, sakit kepala, myalgia, demam, berkeringat, sakit tenggorokan, dan penyakit non-gastrointestinal seperti endokarditis maupun endoftalmitis.^{9,17-19,21,22}

Umumnya infeksi yang disebabkan oleh *B. cereus* memiliki durasi yang singkat dan dapat sembuh sendiri dalam 24 jam tanpa intervensi, sehingga tidak memerlukan terapi khusus. Pengobatan yang dilakukan adalah pengobatan simptomatik dengan rehidrasi oral atau IV dan tidak diindikasikan terapi antibiotik. Namun pada kasus yang serius seperti diare kronis, vankomisin selama 14 hari dengan dosis 125 mg oral 4 kali sehari terbukti dapat mengobati keracunan akibat infeksi *B. cereus*. Pencegahan keracunan *B. cereus* dapat dilakukan dengan menyimpan makanan yang memerlukan pemanasan pada suhu

$\geq 57^{\circ}\text{C}$, dikarenakan endospora dapat bertahan pada proses pemasakan dan diperparah dengan tingginya kadar garam. Spora dapat berkembang bila terkena panas ataupun jika penanganannya tidak tepat. Mengukus dengan tekanan, memanggang, atau menggoreng pada suhu 63°C akan menghancurkan sel vegetatif spora dan untuk menghambat toksin emetik dapat dilakukan pemanasan hingga 121°C sekitar 80 menit. Pemanasan hingga 63°C dan pemanasan ulang hingga 74°C selama 15 detik juga dapat menghancurkan sel vegetatif. Untuk makanan yang memerlukan pendinginan atau sisa makanan dapat menggunakan suhu $\leq 5^{\circ}\text{C}$ agar bakteri dan spora tidak dapat tumbuh. Daging mentah harus dimasak hingga matang pada suhu 63°C yang dipertahankan selama 15 detik. Makanan yang dimasak harus didinginkan segera dan tidak boleh dibiarkan pada suhu kamar selama lebih dari 2 jam, terutama daging. Jika makanan sudah terkontaminasi atau dianggap terkontaminasi, tidak boleh dilakukan pemanasan.²¹⁻²³

Salmonella spp.

Salmonella spp. merupakan bakteri yang dilaporkan dapat menyebabkan KLB KP pada 16,67% kasus di Indonesia dengan agen mikrobiologi yang diketahui.⁷ *Salmonella* spp. merupakan kelompok bakteri yang menyebabkan 656 kasus (33%) KLB KP pada tahun 2016–2020 di Uni Eropa, terutama *Salmonella enterica*.^{24,25} *Salmonella* spp. merupakan bakteri Gram negatif, fakultatif anaerob, memiliki flagela sehingga dapat bergerak, berbentuk batang dengan ukuran $2-3 \times 0,4-0,6 \mu\text{m}$, dan bersifat patogenik. *Salmonella* spp. dapat hidup pada suhu $5-47^{\circ}\text{C}$ dengan suhu optimum yaitu $35-37^{\circ}\text{C}$, dan dapat bertahan dalam air selama 4 minggu. *Salmonella* spp. dapat ditemukan di usus sebagian besar ternak (unggas, babi) dan hewan liar (reptil, kuda, burung). Hewan tersebut membawa bakteri pada usus dan dikeluarkan melalui feses, sehingga dapat

menyebarkan bakteri ini ke lingkungan atau makanan. *Salmonella* spp. diketahui dapat bertahan dalam waktu yang lama pada produk makanan dengan kadar air rendah sehingga dapat ditemukan juga pada rempah-rempah.^{9,24,26,27}

Jenis makanan yang sering ditemukan terdapat *Salmonella* spp. adalah daging sapi, daging ayam, keju dari susu yang tidak dipasteurisasi, biji kering, buah-buahan dan sayuran segar seperti apel, melon, mangga, selada, ketumbar, tomat, melon, jus jeruk, seledri, dan peterseli. *Salmonella* spp. dengan jumlah antara 107–109 sel/g dapat mengakibatkan penyakit salmonellosis atau penyakit demam tifoid.^{24,26,27} *Salmonella* tidak boleh ditemukan dalam makanan, oleh karena itu batas cemaran *Salmonella* pada pangan olahan adalah negatif/g. Diagnosis *Salmonella* dapat dilakukan dengan isolasi bakteri dari spesimen berupa tinja atau darah, tes serologi, dan tes molekuler.^{13,28}

Diketahui terdapat lebih dari 2500 spesies dari *Salmonella* spp. berdasarkan karakteristiknya. Berdasarkan penyakit yang disebabkan, *Salmonella* spp. dibagi menjadi salmonellosis non-tifoid serta demam tifoid. Salmonellosis terjadi saat *Salmonella* pada air atau makanan yang terkontaminasi masuk ke dalam usus, bereplikasi, dan melepaskan sitokin proinflamasi sehingga mengakibatkan gastroenteritis akut. Penyakit ini ditandai dengan adanya diare atau inflamasi yang terjadi dalam 6–72 jam setelah makanan tersebut dikonsumsi. Gejala awal yang dapat dialami jika mengalami salmonellosis adalah enterokolitis akut, diare, demam, keram perut. Gejala serius seperti demam tinggi, nyeri, sakit kepala, lesu, ruam, dan darah dalam urin atau tinja dapat berlangsung selama 5–7 hari. Demam tifoid merupakan penyakit yang ditandai dengan demam enterik, anoreksia, sakit kepala, lesu, mialgia, konstipasi, dan gejala non-spesifik lainnya.^{9,24,26,29}

Salmonellosis non-tifoid dibagi menjadi

dua yaitu non-invasif non-tifoid salmonellosis (NTS) dan invasif non-tifoid salmonellosis (iNTS). NTS ditandai dengan adanya diare dan disebabkan oleh semua serotipe *Salmonella* kecuali serotipe tifoid seperti *S. typhi* dan *S. paratyphi* A-C. Sementara itu, iNTS dapat menyebabkan penyakit invasif pada manusia seperti bakteremia, dan biasanya muncul sebagai penyakit sistemik serta jarang ditemukan adanya diare. Contoh *Salmonella* jenis ini adalah *S. typhimurium* dan *S. enteritidis*. Serotipe non-tifoid dapat bertahan di saluran usus dari 6 minggu hingga 3 bulan tergantung jenis serotipenya. Pada *Salmonella* yang dapat menyebabkan demam tifoid seperti *S. typhi* terdapat perbedaan dengan strain lainnya yaitu adanya antigen kapsul polisakarida yang dianggap sebagai faktor virulensi *S. typhi* dan memungkinkannya bertahan di lingkungan asam. *S. typhi* dapat bertahan hidup dan bereplikasi di dalam sel inang dan menggunakan sel fagosit untuk mentranslokasi ke sistem sistemik tubuh seperti hati, limpa, sumsum tulang, dan organ lainnya. Kelompok *Salmonella* non-tifoid merupakan penyebab utama penyakit dan kematian pada manusia, terutama *Salmonella enterica* karena sifatnya yang pervasif atau mudah menyebar dan *S. typhimurium*. Tingkat keparahan pada penyakit dipengaruhi oleh strain bakteri penyebab penyakit. Anak di bawah 5 tahun, orang tua, dan orang dengan penurunan sistem imun seperti adanya penyakit kanker, diabetes, penyakit hati atau ginjal lebih rentan terhadap salmonellosis.^{24,26}

Pengobatan keracunan pangan akibat *Salmonella* spp. dilakukan berdasarkan gejala yang dialami. Salmonellosis dengan gejala ringan seperti gastroenteritis umumnya dapat sembuh dalam 5–7 hari tanpa intervensi pengobatan, namun pada kasus yang parah dapat digunakan pengobatan simptomatis dengan rehidrasi oral atau intravena. Antibiotik pada salmonellosis dikontraindikasikan kecuali ada bukti penyakit invasif seperti bakteremia.

Pada infeksi *S. typhi*, segera berikan antibiotik karena sifat infeksi yang sistemik. Antibiotik lini pertama yang dapat digunakan di antaranya kloramfenikol, ampisilin, atau ciprofloxacin. Jika terdapat resistensi pada antibiotik lini pertama, dapat digunakan antibiotik lini kedua yaitu sefalosporin generasi ketiga. Azitromisin dapat digunakan pada demam tifoid tanpa komplikasi bila terjadi resistensi terhadap fluorokuinolon.^{26,28} Pencegahan dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti mencuci tangan, meningkatkan kebersihan dan sanitasi air, melakukan pasteurisasi pada produk susu, membersihkan peralatan masak dan tempat penyimpanan makanan secara berkala, membersihkan permukaan yang berpotensi mengontaminasi produk, menghindari kontak dengan hewan peliharaan yang dapat membawa bakteri patogen, dan mendinginkan makanan yang mudah busuk dalam waktu 1–2 jam agar bakteri tidak tumbuh. Pencegahan lainnya pada infeksi *S. typhi* dapat dilakukan dengan melakukan vaksinasi. terdapat dua vaksin yang tersedia yaitu vaksin Ty21a berupa vaksin hidup *S. typhi* yang dilemahkan dengan strain Ty21a, serta vaksin Vi berupa vaksin parenteral dari antigen polisakarida kapsular Vi dari *S. typhi*.^{26,28,30}

Escherichia coli

Escherichia coli atau *E. coli* merupakan bakteri golongan Enterobacteriaceae yang menjadi penyebab 16,67% kasus KLB KP di Indonesia dengan agen mikrobiologi yang diketahui.⁷ Pada tahun 2009–2015, terjadi 191 kasus dari total 896 kasus KLB di Amerika Serikat dan *E. coli* strain 0157:H7 mengakibatkan sekitar 265.000 penyakit keracunan makanan di Amerika.³⁹ *E. coli* merupakan bakteri Gram negatif, berbentuk kokus (2–3 mm), fakultatif anaerobik, tidak berspora, dan beberapa strain memiliki kapsul dan konveks. *E. coli* dapat tumbuh pada suhu 23–40°C dengan suhu optimum pertumbuhan

37°C dan pada pH 4,3–10,0 dengan pH optimum pertumbuhan yaitu 6–8. Bakteri ini adalah flora normal pada usus manusia dan dapat bertahan dalam jangka waktu lama, namun jika jumlahnya berlebihan dapat menjadi infeksius. *E. coli* sering ditemukan pada hewan berdarah panas, di dalam tanah, air, dan biasanya merupakan hasil kontaminasi dari kotoran hewan yang terbawa pada makanan. Bakteri ini dapat disebarkan oleh binatang seperti sapi, kambing, domba, rusa sehingga mencemari daging dan tanaman pangan. *E. coli* sering digunakan sebagai indikasi dari adanya kontaminasi fekal pada air dan makanan.^{9,31–38}

Jenis produk makanan yang sering ditemukan adanya *E. coli* adalah produk segar atau mentah seperti sayuran hijau, dikarenakan umumnya produk segar ditanam pada lingkungan yang terbuka. Hal ini meningkatkan resiko terjadinya kontaminasi dari tanah, air, udara, maupun lingkungan yang terbawa angin. Selain itu, bakteri ini juga ditemukan pada daging *hamburger* yang belum matang, produk susu yang belum dipasteurisasi, dan makanan siap saji.^{31,34} Persyaratan *E. coli* pada pangan olahan bervariasi berdasarkan jenis pangannya, seperti pada keju tanpa pemeraman dari susu pasteurisasi dan produk daging yaitu 10–10² koloni/g. Pada produk fermentasi sayur dan tahu segar yaitu 3 APM/g-NA, pada produk daging dari hewan buruan yaitu 10²–10³ koloni/g, dan lain-lain. Diagnosis yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya keracunan *E. coli* yaitu *polymerase chain reaction* (PCR), uji mikrobiologi, uji biokimia, dan biologi molekuler. Hingga saat ini, tidak ada metode tunggal yang dapat mendeteksi semua strain *E. coli*.^{13,31,34}

Sebagian besar *E. coli* tidak berbahaya, namun terdapat 6 jenis petotipe *E. coli* yang patogen dan dapat mengakibatkan diare pada manusia, seperti *Enteropathogenic E. coli* (EPEC), *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC), *Enteroaggregative E. coli* (EAEC),

Shigella atau *Enteroinvasive E. coli* (EIEC), *Diffusely adherent E. coli* (DAEC), dan *Shiga toxin-producing E. coli* (STEC) atau *Enterohemorrhagic E. coli* (EHEC).^{32–36} EPEC menginfeksi dengan menggunakan faktor virulensi yang ditranslokasikan ke epitel sel, sehingga mengakibatkan respon inflamasi dan diare. EPEC memiliki kemampuan untuk menghasilkan lesi *attaching-effacing* (A/E) pada permukaan usus halus. EPEC umumnya noninvasif dan tidak menghasilkan enterotoksin. Dosis infeksi pada EPEC adalah 10⁸–10¹⁰ cfu dengan gejala yaitu diare berair, sakit perut, mual, muntah, dan demam. ETEC menginfeksi dengan membentuk koloni dan melekat pada enterosit usus halus. Selanjutnya, dihasilkan dua jenis enterotoksin yaitu toksin yang tahan terhadap panas atau *stable toxin* (ST) dan toksin yang tidak stabil terhadap panas atau *labile toxin* (LT). ST akan meningkatkan sekresi ion bikarbonat dan klorida, serta menghambat penyerapan natrium dan klorida yang mengakibatkan diare berair, sedangkan LT mengakibatkan diare dengan menderegulasi adenilat siklase pada sel inang. Dosis infeksi pada ETEC adalah 10⁸ cfu dengan gejala umum yaitu diare berair. EAEC menginfeksi dengan mengolonisasi mukosa usus, kemudian menghasilkan *biofilm* yang diperantarai mukus pada permukaan eritrosit. Selanjutnya EAEC melepaskan toksin dan mengakibatkan timbulnya respon inflamasi, meningkatnya sekresi usus, dan toksisitas mukosa. Dosis infeksi EAEC yaitu 10¹⁰ cfu dengan gejala diare persisten, demam, muntah, nyeri perut dan *Hemolytic Uremic Syndrome* (HUS).^{32,34,37}

Shigella/EIEC menginfeksi dengan cara menyerang mukosa usus, sel M, makrofag, dan sel epitel. EIEC memiliki faktor virulensi yang dapat menghancurkan jaringan pada kolon. *Shigella* merupakan hasil evolusi dari EIEC yang memiliki faktor virulensi dan dapat menghasilkan endotoksin. Hal ini berakibat pada infeksi *shigellosis*, rusaknya sel kolon, timbulnya gangguan penyerapan air dan nutrisi

sehingga terjadi diare encer disertai darah dan lendir pada tinja. Dosis infeksi EIEC yaitu 10^6 – 10^8 dan *Shigella* yaitu 10–100. Gejala yang dihasilkan dari infeksi *Shigella*/EIEC adalah disentri, diare berair, kram perut yang parah, demam, menggigil, tinja mengandung darah dan lendir. Gejala berat pada *Shigella*/EIEC seperti megakolon, perforasi usus, peritonitis, pneumonia, dan HUS dapat berakibat fatal dan mengancam jiwa. DAEC menginfeksi dengan menempel atau menyebar di atas permukaan sel usus dan menghasilkan adesi Afa/Dr. Adesi akan berikatan dengan *Decay-accelerating factor* (DAF) pada usus yang mengakibatkan penataan ulang atau penghancuran mikrovili. Dosis infeksi dari DAEC adalah 10^8 – 10^{10} cfu dengan gejala yaitu diare berair yang persisten pada anak dan diduga berkontribusi terhadap penyakit *Crohn* pada orang dewasa. STEC/EHEC menginfeksi dengan cara memproduksi toksin *Shiga* dan dapat menghasilkan lesi *attaching-effacing* (A/E) yang sama dengan EPEC, dosis infeksi STEC/EHEC yaitu <1000 cfu. Gejala yang ditimbulkan oleh jenis petotipe ini di antaranya diare berair, *hemorrhagic colitis* (HC) atau diare berdarah, demam, dan kram perut. Gejala serius yang dapat terjadi yaitu HUS yang ditandai dengan gagal ginjal akut, anemia hemolitik, dan trombositopenia. STEC dapat tumbuh pada rentang suhu yang luas dan dalam kondisi asam. Beberapa contoh serotipe STEC yaitu O26, O111, O121, dan O157. STEC O157:H7 adalah jenis yang paling sering mengakibatkan KLB KP di dunia, yaitu lebih dari 1 juta kasus per tahun dengan gejala yang dapat timbul dalam 6–96 jam setelah konsumsi makanan terkontaminasi.^{9,32,34,37,38,40,41}

Pengobatan penyakit diare yang disebabkan oleh *E. coli* dapat melalui pengobatan simptomatis, rehidrasi oral atau IV untuk memelihara keseimbangan elektrolit, dan antibiotik. Antibiotik yang terbukti mengatasi infeksi *E. coli* adalah ampisilin, kotrimoksazol, trimethoprim, azitromisin, dan gentamisin.

Upaya pencegahan dapat dilakukan dengan memperbaiki sanitasi lingkungan, mencuci tangan dengan sabun, daging dimasak hingga matang, melakukan pemanasan pada makanan dan menyimpan pangan pada lemari es. Untuk buah dan sayur, pastikan sudah dicuci dengan air bersih dan simpan ditempat yang kering dan bersih. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanaman obat tradisional yang digunakan dalam pupuk kandang dan pakan ternak dapat mengurangi jumlah patogen, contohnya yaitu daun dan kulit kayu neem yang dapat mengurangi jumlah *E. coli* strain O157:H7. Penambahan ekstrak kulit batang *Cinnamomum cassia* dalam pembuatan keju dapat menghambat pertumbuhan *E. coli* O157:H7. Pencegahan lainnya dapat dilakukan dengan mengonsumsi probiotik dan melakukan vaksinasi, contoh vaksin yang dapat digunakan yaitu Vaksimune berisi *E. coli* inaktif.^{32,37,42}

Clostridium spp.

Clostridium spp. merupakan bakteri penyebab penyebab 6,67% kasus KLB KP di Indonesia dengan agen mikrobiologi yang diketahui.⁷ *Clostridium* spp. menjadi penyebab penyakit keracunan bakteri di Amerika Serikat dengan jumlah sekitar 1.000.000 kasus per tahunnya dan penyebab utama keempat di Eropa.⁴⁵ *Clostridium* spp. merupakan kelompok bakteri dengan Gram positif, berbentuk batang dan seperti kait dengan lebar 0,5–2 μm dan panjang 1,6–2,2 μm , anaerobik, bersifat patogen yang menghasilkan neurotoksin dan mampu menghasilkan endospora yang tahan panas. Spora dapat tumbuh dan berkembang pada suhu 15–55°C dan dapat bertahan hingga suhu 95°C selama 1 jam. Spora yang tahan panas juga memungkinkan bakteri untuk bertahan hidup pada waktu yang lama dalam keadaan tidak aktif hingga kondisi lingkungan menjadi lebih menguntungkan. *Clostridium* spp. ada di mana-mana dan dapat ditemukan di tanah dan di sebagian besar usus hewan. *Clostridium* spp. memiliki lebih dari 60 spesies dan terdapat

beberapa spesies yang dapat menginfeksi manusia seperti *C. difficile*, *C. Perfringens*, *C. botulinum*, *C. tetani*, *C. butyricum*, *C. septicum*, *C. sordellii*, *C. tertium*, dan *C. histoliticum*. Spesies bakteri yang sering ditemukan mengakibatkan KLB KP di dunia adalah *C. perfringen* dan *C. botulinum*.⁴³⁻⁴⁶

Terdapat 7 tipe *Clostridium botulinum* yaitu tipe A–G yang dibedakan berdasarkan neurotoksin yang dihasilkan. Tipe A, B, E, F mengakibatkan keracunan dan botulisme pada manusia. Tipe C dan D mengakibatkan penyakit pada unggas dan mamalia. Tipe G belum ditentukan sebagai penyebab botulisme pada manusia atau hewan. *C. botulinum* sering ditemukan di dalam makanan yang belum dimasak, diproses, dan ditangani dengan benar; makanan dalam kaleng seperti daging dan produk makanan laut; makanan rendah asam; dan permukaan sayuran serta buah-buahan. Bakteri dan spora tidak menyebabkan penyakit, namun toksin botulinum yang dihasilkan dapat mengakibatkan kelumpuhan yang serius bahkan hingga kematian.^{43,44,47} *C. botulinum* dapat menghasilkan *botulinum neurotoxins* (BoNT); infeksi *C. botulinum* terjadi pada saat menelan makanan yang mengandung BoNT atau pada saat menelan *C. botulinum*, kemudian spora berkecambah dan menghasilkan toksin BoNT pada tubuh manusia. Toksin ini hanya diproduksi ketika spora berkecambah, yaitu pada kondisi kadar garam dan gula rendah, pH >4,5 dan kondisi *anaerobic*.^{47,48}

Toksin mengakibatkan botulisme dengan menghambat pelepasan asetilkolin dari presinaps yang ditandai dengan kelumpuhan saraf kranial diikuti dengan adanya kelumpuhan *flaccid*. Toksin botulinum merupakan racun biologis paling kuat yang diketahui, memiliki dosis infeksi oral yaitu 70 µg dan 0,80–0,90 µg saat diinhalasi. Setiap kasus dugaan botulisme merupakan kegawatdaruratan, karena potensi penyakit yang dapat berakibat fatal. Pada tahun 2001–2017, terdapat 326 kasus botulisme

akibat keracunan makanan di Amerika Serikat dengan tingkat kematian pada kasus yaitu 5%. Botulisme dapat mengakibatkan kolaps pernapasan dan ketergantungan ventilator yang berlangsung berminggu-minggu hingga berbulan-bulan. Gejala lain yang dapat terjadi adalah vertigo, penglihatan ganda atau kabur, kehilangan refleks cahaya, bicara cadel, kesulitan menelan, mulut kering, diare, mual, kekuatan otot menurun, adanya kelumpuhan otot termasuk otot sistem pernapasan yang muncul pada waktu 18–36 jam setelah terpapar makanan yang terkontaminasi. Diagnosis botulisme dapat dilakukan dengan pemeriksaan neurologis secara menyeluruh dikarenakan gejala botulisme akibat keracunan makanan sering kali disalahartikan sebagai gejala stroke, keracunan kimia, *Miastenia gravis*, atau sindrom *Guillain-Barre*.^{9,43,47,48}

Clostridium perfringens (*C. perfringens*) dibagi menjadi 7 kelompok (A–G) berdasarkan kemampuannya dalam menghasilkan berbagai kombinasi 6 toksin utama, yaitu *alpha* (CPA), *beta* (CPB), *epsilon* (ETX), *iota* (ITX), *enterotoxin* (CPE), dan *enteritis B-like toxin* (NetB). Sebagian besar *C. perfringens* tipe C menghasilkan CPA yang bekerja menekan respon imun dengan menahan leukosit memasuki jaringan yang terinfeksi dan mengurangi suplai darah ke tempat yang terinfeksi dan memicu vasokonstriksi, trombosis, dan agregasi platelet. *C. perfringens* tipe B dan C juga memproduksi CPB yang terletak pada plasmid virulen. Hal ini mengakibatkan terjadinya nekrosis dan perdarahan di usus kecil dan besar. Mekanisme infeksi dari *C. perfringens* adalah sel vegetatif yang tertelan akan memasuki usus kecil, kemudian membentuk spora dan melepaskan enterotoksin yang dapat menyebabkan gejala nyeri perut yang menyebar, diare berair dan tidak berdarah, muntah. Pada kasus berat dapat terjadi ganggren gas, sepsis perut yang dapat bermanifestasi dengan hipotensi, dan takikardia. Umumnya menelan *C. perfringens*

dalam dosis kecil tidak menyebabkan penyakit, akan tetapi menelan $\geq 10^5$ sel/g makanan dapat menyebabkan gejala keracunan makanan. Gejala yang diakibatkan oleh *C. perfringens* dapat terjadi dalam 6–24 jam.^{45,46,49} *C. perfringens* sering ditemukan pada daging sapi, unggas, babi dan produk lainnya yang mengandung daging, susu mentah, dan ayam. Produk daging dapat terkontaminasi patogen ini selama penyembelihan melalui permukaan yang terkontaminasi atau adanya kontak dengan bangkai atau feses pada peternakan.^{45,56} Diagnosis *C. perfringens* dapat dilakukan dengan uji mikroskopi dan pewarnaan gram pada spesimen berupa makanan atau tinja.⁴⁹

Pengobatan terhadap *C. botulinum* dapat dilakukan dengan cara pemberian antitoksin botulinum dan pemberian ventilator, sedangkan pengobatan *C. perfringens* dilakukan dengan pengobatan simptomatis karena umumnya penyakit dapat sembuh tanpa intervensi pengobatan. Antibiotik tidak diindikasikan pada pengobatan pada *C. perfringens* kecuali pada kasus yang parah seperti adanya sepsis *clostridial*. Antibiotik yang dapat digunakan yaitu penisilin G/sefalosporin dan klindamisin, tetrasiklin atau metronidazole disertai dengan tindakan debridemen pada jaringan nekrotik untuk mencegah kematian.^{48,49} Pencegahan dapat dilakukan dengan cara mengurangi kelembapan pada makanan; meningkatkan keasaman (*C. botulinum* pada umumnya tidak akan tumbuh di lingkungan dengan pH<4,6); menggunakan pengawet makanan seperti nitrit, asam askorbat, antioksidan fenolik, polifosfat, dan pengawet lainnya yang memiliki potensi redoks yang rendah. Makanan perlu dimasak pada suhu 74°C atau lebih selama 15 detik untuk menonaktifkan sel *vegetative* pada *Clostridium* spp. Selama penyimpanan, pertahankan suhu makanan yang tepat yaitu pada suhu di atas 57°C agar bakteri tidak aktif atau suhu di bawah 5°C untuk mencegah perkecambahan spora dan pembentukan toksin. Sisa makanan harus

dipanaskan kembali hingga 74°C atau lebih dan dibiarkan tertutup selama 2 menit. Selain itu, pencegahan dapat juga dilakukan dengan melakukan vaksinasi untuk meningkatkan kekebalan terhadap *Clostridium* spp.^{43,49}

Tindak lanjut kasus KLB KP

Pengendalian kasus KLB KP diperlukan untuk menurunkan frekuensi, angka kesakitan, dan angka kematian pada setiap KLB KP.⁵⁰ Pada tindak lanjut kasus KLB KP, jika terdapat lebih dari 1 orang mengalami dugaan keracunan pangan, setiap orang yang mengetahui kasus tersebut harus melapor ke Fasilitas Pelayanan Kesehatan. Fasilitas Pelayanan Kesehatan kemudian mengambil sampel pangan yang diduga merupakan penyebab terjadinya KLB KP dan melaporkannya kepada Bupati/Walikota dengan tembusan kepada Menteri Kesehatan dalam waktu 1×24 jam sejak laporan diterima. Kepala lembaga pemerintah nonkementerian yang melaksanakan tugas pemerintahan di bidang pengawasan obat dan makanan yaitu BPOM melakukan penyelidikan dan pengujian laboratorium pada contoh pangan berdasarkan laporan, untuk mengetahui penyebab terjadinya KLB KP. Selanjutnya Bupati/Walikota melakukan pengkajian kasus dalam waktu 1×24 jam dan jika hasil pengkajian menunjukkan terjadinya KLB, maka wajib menetapkan status KLB KP. Bupati/Walikota selanjutnya melaksanakan penanggulangan KLB KP dan melaporkannya kepada Gubernur serta BPOM.⁵ Penanggulangan KLB KP dilakukan dengan melakukan penyelidikan epidemiologi untuk memastikan diagnosis dan sebab terjadinya KLB KP serta mengidentifikasi sumber dan cara penularan penyebab KLB KP. Setelah mengetahui sebab KLB KP, dilakukan penatalaksanaan penderita dengan kegiatan berupa pemeriksaan; pengobatan; perawatan; dan isolasi penderita/karantina. Selanjutnya, dilakukan pencegahan dan peningkatan kekebalan masyarakat terhadap penyebab

KLB KP. Pemusnahan penyebab penyakit dan penanganan jenazah (bila ada) juga perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya penyebaran KLB KP. Upaya penanggulangan lainnya dapat dilakukan melalui penyuluhan kepada masyarakat dan upaya lainnya yang dilakukan dengan berkoordinasi dengan BPOM.^{5,50}

Simpulan

Kontaminasi pangan oleh cemaran mikroba seperti bakteri dapat mengakibatkan terjadinya Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan (KLB KP) dengan gejala yang beragam, bahkan dapat berakibat fatal pada manusia. Sulitnya mendeteksi penyebab KLB KP mengakibatkan diperlukannya pengetahuan terkait bakteri-bakteri utama penyebab KLB KP berdasarkan data epidemiologi yang tepat dan lengkap, sehingga dapat melakukan pencegahan dan meningkatkan kewaspadaan sedini mungkin. Beberapa bakteri utama penyebab KLB KP di antaranya adalah *Staphylococcus aureus* (30%); *Bacillus cereus* (26,67%); *Salmonella* spp. (16,67%); *Escherichia coli* (16,67%); dan *Clostridium* spp. (6,67%). Kasus KLB KP membutuhkan penanganan khusus, sehingga diperlukan adanya pelaporan kasus kepada bagian yang berwenang serta sanitasi dan kebersihan juga perlu ditingkatkan untuk mencegah terjadinya KLB KP.

Pendanaan

Pembuatan artikel *review* ini tidak didanai oleh sumber hibah manapun.

Konflik Kepentingan

Seluruh penulis menyatakan tidak terdapat potensi konflik kepentingan dengan penelitian, kepenulisan (*authorship*), dan atau publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

1. Muna F, Khariri K. Bakteri patogen penyebab foodborne diseases. J UIN Alauddin. 2020;6(1):74–9. doi: 10.24252/psb.v6i1.15374
2. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 tahun 2013 tentang kejadian luar biasa keracunan pangan. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2013.
3. Todd E. Food-borne disease prevention and risk assessment. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(14):5129. doi: 10.3390/ijerph17145129
4. Nugrahaeni A, Pertiwi J. Studi case report: kejadian luar biasa keracunan makanan di Desa Parikesit Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo. J Ilmu Kesehat Masy Berk. 2020;2(1):1–9. doi: 10.32585/jikemb.v2i1.810
5. Pemerintah Pusat Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 86 Tahun 2019 tentang Keamanan Pangan. Jakarta: Pemerintah Pusat Republik Indonesia; 2019.
6. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Profil kesehatan Indonesia tahun 2020. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2021.
7. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. Laporan tahunan BPOM tahun 2020. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia; 2021.
8. Arisanti RR, Indriani C, Wilopo SA. Kontribusi agen dan faktor penyebab kejadian luar biasa keracunan pangan di Indonesia: Kajian sistematis. Ber Kedokt Masy. 2018;34(3):99. doi: 10.22146/bkm.33852
9. Bintsis T. Foodborne pathogens. AIMS Microbiol. 2017;3(3):529–63. doi: 10.3934/microbiol.2017.3.529
10. Abebe E, Gugsu G, Ahmed M. Review

- on major food-borne zoonotic bacterial pathogens. *J Trop Med*. 2020;2020:4674235. doi: 10.1155/2020/4674235
11. Kadariya J, Smith TC, Thapaliya D. Staphylococcus aureus and staphylococcal food-borne disease: An ongoing challenge in public health. *Biomed Res Int*. 2014;2014:827965. doi: 10.1155/2014/827965
 12. Le HHT, Dalsgaard A, Andersen PS, Nguyen HM, Ta YT, Nguyen TT. Large-scale Staphylococcus aureus foodborne disease poisoning outbreak among primary school children. *Microbiol Res*. 2021;12(1):43–52. doi: 10.3390/microbiolres12010005
 13. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. Peraturan BPOM Nomor 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemar Mikroba Dalam Pangan Olahan. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia; 2019.
 14. Murray PR, Rosenthal KS, Pfaller MA. Medical microbiology: Ninth edition. USA: Elsevier Inc; 2021.
 15. Mourenza A, Gil JA, Mateos LM, Letek M. Novel treatments and preventative strategies against food-poisoning caused by staphylococcal species. *Pathogens*. 2021;10(2):91. doi: 10.3390/pathogens10020091
 16. Pal M, Ketchakmadze D, Durglishvili N, Ketchakmadze I. Staphylococcus aureus: A major pathogen of food poisoning. *Nutr Food Process*. 2022;4(8):1–3. doi: 10.31579/2637-8914/074
 17. Carroll LM, Wiedmann M, Mukherjee M, Nicholas DC, Mingle LA, Dumas NB, Kovac J. Characterization of emetic and diarrheal Bacillus cereus strains from a 2016 foodborne outbreak using whole-genome sequencing: Addressing the microbiological, epidemiological, and bioinformatic challenges. *Front Microbiol*. 2019;10:144. doi: 10.3389/fmicb.2019.00144
 18. Qu Y, Wei C, Dai X, Bai Y, Zhao X, Lan Q, et al. The possible transmission and potential enterotoxicity of Bacillus cereus on lettuce farms in five Chinese provinces. *Front Microbiol*. 2021;12:746632. doi: 10.3389/fmicb.2021.746632
 19. Tewari A, Abdullah S. Bacillus cereus food poisoning: International and Indian perspective. *J Food Sci Technol*. 2015;52(5):2500–11. doi: 10.1007/s13197-014-1344-4
 20. Jessberger N, Dietrich R, Granum PE, Märtlbauer E. The Bacillus cereus food infection as multifactorial process. *Toxins (Basel)*. 2020;12(11):701. doi: 10.3390/toxins12110701
 21. Osimani A, Aquilanti L, Clementi F. Bacillus cereus foodborne outbreaks in mass catering. *Int J Hosp Manag*. 2018;72:145–53. doi: 10.1016/j.ijhm.2018.01.013
 22. Orrick MJ, Bush AM, Junga Z. S2963 A cereus-ly rare cause of chronic diarrhea. *Am J Gastroenterol Suppl*. 2021;166:S1226. doi: 10.14309/01.ajg.0000785384.55403.41
 23. The Institute of Food and Agricultural Sciences. Preventing foodborne illness: Bacillus cereus. [Diunduh pada 25 November 2021]. Tersedia dari: <https://nifa.usda.gov/sites/default/files/resource/Preventing-Foodborne-Illness-Bacillus-cereus.pdf>.
 24. Ehuwa O, Jaiswal AK, Jaiswal S. Salmonella, food safety and food handling practices. *Foods*. 2021;10(5):907. doi: 10.3390/foods10050907
 25. Sarno E, Pezzutto D, Rossi M, Liebana E, Rizzi V. A review of significant European foodborne outbreaks in the last decade. *J Food Prot*. 2021;84(12):2059–70. doi: 10.4315/JFP-21-096.
 26. Kurtz J, Goggins JA, McLachlan JB. Salmonella infection: Interplay between the bacteria and host immune system.

- Immunol Lett. 2017;190:42–50. doi: 10.1016/j.imlet.2017.07.006
27. Ubaidillah, Ristiani S. Analisis cemaran *Salmonella* spp. daging ayam broiler (*Gallus gallus domestica*) di Pasar Banguntapan. *J Delima Harapan*. 2022;9(1):6–14. doi: 10.31935/delima.v9i1.143
28. Crump JA, Karlsson MS, Gordon MA, Parry CM. Epidemiology, clinical presentation, laboratory diagnosis, antimicrobial resistance, and antimicrobial management of invasive salmonella infections. *Clin Microbiol Rev*. 2015;28(4):901–37. doi: 10.1128/CMR.00002-15
29. Popa GL, Papa MI. *Salmonella* spp. infection - A continuous threat worldwide. *Germs*. 2021;11(1): 88–96. doi: 10.18683/germs.2021.1244
30. Zelpina E, Noor SM. Non-thypoid salmonella penyebab foodborne diseases: Pencegahan dan penanggulangannya. *Indones Bull Anim Vet Sci*. 2020;30(4):221–9.
31. Rudin NA, Perdana NGA, Amalia NN, Rohmah Z. Identifikasi bakteri patogen pada olahan daging sapi penyebab klb keracunan pangan di Temanggung tahun 2018. *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek) Ke-4; 2019 April 27; Surakarta, Indonesia*. Indonesia: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
32. Wibisono FJ. Potensi *Escherichia coli* sebagai foodborne zoonotic disease. *VITEK: Bid Kedokt Hewan*. 2015;5:55–61.
33. Lahmer RA, Williams PA, Jones DL. *Escherichia coli* O157:H7 in food with health-related risks. *J Res Heal Sci*. 2017;1(1):5–30. doi: 10.26739/2523-1243/-2017-1-1-1
34. Croxson MA, Law RJ, Scholz R, Keeney KM, Wlodarska M, Finlay B. Recent advances in understanding enteric pathogenic *Escherichia coli*. *Clin Microbiol Rev*. 2013;26(4):822–80. doi: 10.1128/CMR.00022-13.
35. Kumar P, Libchaber A. Pressure and temperature dependence of growth and morphology of *Escherichia coli*: Experiments and stochastic model. *Biophys J*. 2013;105(3):783–93. doi: 10.1016/j.bpj.2013.06.029
36. Syahrul F, Wahyuni CU, Notobroto HB, Wasito EB, Adi AC, Dwirahmadi F. Transmission media of foodborne diseases as an index prediction of diarrheagenic *Escherichia coli*: Study at elementary school, Surabaya, Indonesia. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8227. doi: 10.3390/ijerph17218227
37. Yang SC, Lin CH, Aljuffali IA, Fang JY. Current pathogenic *Escherichia coli* foodborne outbreak cases and therapy development. *Arch Microbiol*. 2017;199(6):811–25. doi: 10.1007/s00203-017-1393-y
38. Devleeschauwer B, Pires SM, Young I, Gill A, Majowicz SE. Associating sporadic, foodborne illness caused by Shiga toxin-producing *Escherichia coli* with specific foods: A systematic review and meta-analysis of case-control studies. *Epidemiol Infect*. 2019;147:e235. doi: 10.1017/S0950268819001183
39. Hailu W, Helmy YA, Knisely GC, Kauffman M, Fraga D, Rajashekara G. Prevalence and antimicrobial resistance profiles of foodborne pathogens isolated from dairy cattle and poultry manure amended farms in Northeastern Ohio, the United States. *Antibiotics*. 2021;10(12):1450. doi: 10.3390/antibiotics10121450
40. Rananda RM, Djamil A, Julizar J. Identifikasi bakteri *Escherichia coli* O157:H7 dalam daging sapi yang berasal dari rumah potong hewan Lubuk Buaya. *J Kesehat Andalas*. 2016;5(3):614–8. doi: 10.25077/jka.v5i3.586
41. Pedersen RM, Nielsen MTK, Möller S,

- Ethelberg S, Skov MN, Kolmos HJ, et al. Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: Incidence and clinical features in a setting with complete screening of patients with suspected infective diarrhea. *Clin Microbiol Infect*. 2018;24(6):635–9. doi: 10.1016/j.cmi.2017.10.002
42. Tayel AA, Hussein H, Sorour NM, El-Tras WF. Foodborne pathogens prevention and sensory attributes enhancement in processed cheese via flavoring with plant extracts. *J Food Sci*. 2015;80(12):M2886–91. doi: 10.1111/1750-3841.13138
43. Schneider KR, Goodrich Schneider RM, Kurdmonkoltham P, Bertoldi B. Preventing foodborne illness: *Clostridium botulinum*. *UF/IFAS' Electronic Data Information Source*. 2017;6(4):1–5.
44. Kanaan MHG, Tarek AM. *Clostridium botulinum*, a foodborne pathogen and its impact on public health. *Ann Trop Med Public Health*. 2020;23(5):346–59. doi: 10.36295/ASRO.2020.2357
45. Carey J, Cole J, Venkata SLG, Hoyt H, Mingle L, Nicholas D, et al. Determination of genomic epidemiology of historical *Clostridium perfringens* outbreaks in New York State by use of two web-based platforms: National Center for Biotechnology Information Pathogen Detection and FDA GalaxyTrakr. *J Clin Microbiol*. 2021;59(2):e02200–20. doi: 10.1128/JCM.02200-20
46. Bendary MM, El-Hamid MA, El-Tarabili RM, Hefny AA, Algendy RM, Elzohairy NA, et al. *Clostridium perfringens* associated with foodborne infections of animal origins: Insights into prevalence, antimicrobial resistance, toxin genes profiles, and toxinotypes. *Biology*. 2022; 11(4):551. doi: 10.3390/biology11040551
47. Luquez C, Edwards L, Griffin C, Sobel J. Foodborne botulism outbreaks in the United States, 2001–2017. *Front Microbiol*. 2021;12:713101. doi: 10.3389/fmicb.2021.713101
48. Rao AK, Sobel J, Chatham-Stephens K, Luquez C. Clinical guidelines for diagnosis and treatment of botulism. *MMWR Recomm Rep*. 2021;70(No. RR–2):1–30. doi: 10.15585/mmwr.rr7002a1 external icon.
49. Fu Y, Alenezi T, Sun X. *Clostridium perfringens*-induced necrotic diseases: An overview. *Immuno*. 2022;2(2):387–407. doi: 10.3390/immuno2020024
50. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman penyelidikan dan penanggulangan KLB penyakit menular dan keracunan pangan. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2017.