

Kontaminasi Mikrobiologis Pada Roti: Tinjauan Literatur Tentang Keragaman Mikroorganisme Dan Potensi Risikonya Terhadap Kesehatan

Laifa Fusvita^{1*}, Dheka Sapti Iskandar²

Program Studi Analisis Farmasi dan Makanan, Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan, Poltekkes Kemenkes Malang¹, Program Studi Teknologi Bank Darah, Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan, Poltekkes Kemenkes Malang²

*Corresponding Author : laifa_fusvita@poltekkes-malang.ac.id

Abstrak: Roti merupakan salah satu produk pangan olahan berbasis tepung terigu yang paling banyak dikonsumsi masyarakat, namun memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap kontaminasi mikrobiologis akibat kandungan karbohidrat, kadar air, dan kelembapan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keragaman mikroorganisme kontaminan pada roti, sumber dan faktor yang memengaruhi kontaminasi, potensi risiko terhadap kesehatan, serta upaya pengendalian yang telah dikembangkan. Metode yang digunakan adalah tinjauan literatur (*literature review*) melalui penelusuran artikel ilmiah pada basis data Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect yang diterbitkan pada periode 2016-2026. Hasil kajian menunjukkan bahwa kontaminasi mikrobiologis pada roti terdiri dari kelompok kapang (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Fusarium*), khamir (*Cyberlindnera fabianii*, *Candida* spp.), dan bakteri (*Bacillus* spp., *Staphylococcus aureus*) yang umumnya bersumber dari kontaminasi pascapemanggangan, kondisi lingkungan produksi, praktik higiene, penyimpanan, serta formulasi dan jenis pengemasan produk. Mikroorganisme tersebut berpotensi menimbulkan risiko kesehatan melalui produksi mikotoksin yang bersifat karsinogenik dan hepatotoksik, keracunan pangan akibat enterotoksin bakteri, serta ancaman resistensi antijamur akibat kapang (*Aspergillus*). Upaya pengendalian yang terbukti efektif yaitu penggunaan minyak atsiri sebagai pengawet alami, pengendalian suhu penyimpanan pada tingkat ritel dan produksi. Kajian ini menegaskan pentingnya pendekatan multidisiplin dan kombinasi berbagai metode pengendalian untuk meminimalkan risiko kontaminasi mikrobiologis pada roti serta menjaga keamanan pangan bagi konsumen.

Kata kunci: Roti, keamanan pangan, kontaminasi mikrobiologis, kapang, mikotoksin

Abstract: Bread is one of the most widely consumed wheat flour-based processed foods, however, it is highly susceptible to microbiological contamination because its carbohydrate content, water content, and moisture level support microbial growth. This study aimed to review the diversity of contaminant microorganisms in bread, the sources and factors influencing contamination, potential health risks, and control measures. We conducted a literature review by searching scientific articles published between 2016 and 2026 in Google Scholar, PubMed, and ScienceDirect. The results indicate that microbiological contamination in bread involves molds (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Fusarium*), yeasts (*Cyberlindnera fabianii*, *Candida* spp.), and bacteria (*Bacillus* spp., *Staphylococcus aureus*), which generally originate from post-baking contamination, production environment conditions, hygiene practices, storage conditions, as well as product formulation and packaging type. These microorganisms pose potential health risks through the production of carcinogenic and hepatotoxic mycotoxins, foodborne illness caused by bacterial enterotoxins, and the emerging threat of antifungal resistance in *Aspergillus*. Effective control measures include using essential oils as natural preservatives and controlling storage temperatures at both retail and production levels. This review emphasizes the importance of a multidisciplinary approach and combining multiple control strategies to minimize the risk of microbiological contamination in bread and ensure consumer food safety.

Keywords: Bread, food safety, microbiological contamination, mold, mycotoxin

PENDAHULUAN

Roti merupakan salah satu produk pangan olahan berbasis tepung terigu yang paling populer dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa jumlah produksi roti nasional meningkat secara konsisten dari 22.749 ton pada tahun 2015 menjadi 35.586 ton pada tahun 2023, sejalan dengan pertumbuhan

industri bakery yang mencapai 10–15% per tahun (BPS, 2023). Peningkatan konsumsi ini turut didorong oleh perubahan pola makan masyarakat perkotaan ke arah pangan siap saji dan praktis (Margolies et al., 2026).

Meskipun memiliki tingkat konsumsi yang tinggi, roti merupakan produk pangan yang sangat rentan terhadap kerusakan dan kontaminasi mikrobiologis. Roti tawar pada umumnya hanya mampu bertahan tidak lebih dari 3-7 hari pada kondisi penyimpanan biasa (Rahmawati et al., 2025). Kandungan karbohidrat, gula, kadar air, dan kelembapan yang relatif tinggi pada roti menjadikannya substrat yang ideal bagi pertumbuhan berbagai mikroorganisme, baik yang berasal dari bahan baku, proses pengolahan, maupun kontaminasi selama distribusi dan penyimpanan (Nazhifah et al., 2025). Sifat mikroba yang kosmopolitan, yaitu dapat ditemukan hampir di semua ekosistem dan mudah beradaptasi, juga turut memperbesar peluang produk roti terkontaminasi sejak proses produksi hingga sampai ke tangan konsumen (M. S. Rahman et al., 2025).

Berbagai penelitian melaporkan keragaman mikroorganisme yang mengontaminasi roti, baik dari golongan kapang, khamir, maupun bakteri. Kapang merupakan mikroorganisme utama penyebab pembusukan roti, dari genus *Aspergillus* (Khaira Mizana et al., 2016) sebagai kontaminan yang paling umum ditemukan di daerah tropis maupun subtropis, diikuti oleh *Rhizopus* sp. dan *Penicillium* sp. (M. Rahman et al., 2022). Dari kelompok bakteri, penelitian terhadap produk bakery yang telah kedaluwarsa di Yogyakarta berhasil mengidentifikasi lima jenis bakteri Gram positif, yaitu *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, dan *Staphylococcus saprophyticus* (Ferdian et al., 2020). Temuan serupa mengenai keberadaan bakteri penghasil enzim protease oleh *Staphylococcus aureus* juga dilaporkan pada sampel roti tawar kedaluwarsa dan tidak kedaluwarsa (György & Laslo, 2024).

Keberadaan mikroorganisme tersebut tidak hanya berdampak pada penurunan mutu sensoris roti, seperti perubahan warna, tekstur, dan aroma, tetapi juga berpotensi menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi konsumen. Kapang toksigenik dari genus *Aspergillus*, khususnya *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus*, diketahui mampu menghasilkan mikotoksin berupa aflatoksin yang bersifat hepatotoksik dan karsinogenik kelas 1 menurut International Agency for Research on Cancer (IARC), serta dapat menimbulkan gangguan fungsi hati pada manusia (Rosyunita et al., 2023). Di sisi lain, kontaminasi bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus cereus* telah dikaitkan dengan berbagai kejadian luar biasa (KLB) keracunan pangan di Indonesia, dengan gejala klinis berupa mual, muntah, nyeri perut, dan diare akibat produksi enterotoksin maupun toksin diare (Yennie et al., 2022). Keberadaan mikroorganisme kontaminan pada roti perlu mendapat perhatian khusus karena dapat menyebabkan penurunan mutu dan umur simpan, serta menjadi isu keamanan pangan yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan melalui produksi mikotoksin oleh bakteri (Wattimury et al., 2024).

Pemerintah Indonesia melalui Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) telah menetapkan regulasi terkait batas maksimal cemaran mikroba dalam pangan olahan sebagai upaya untuk melindungi konsumen (BPOM, 2026). Meski demikian, berbagai laporan penelitian di berbagai daerah di Indonesia masih menemukan produk roti yang beredar di pasaran terkontaminasi mikroorganisme melebihi ambang batas yang dipersyaratkan (Susita Prasati et al., 2026). Penelitian mengenai kontaminasi mikrobiologis pada roti tersebut umumnya bersifat parsial, terfokus pada satu jenis mikroorganisme atau satu wilayah kajian tertentu, sehingga gambaran yang komprehensif mengenai keragaman mikroorganisme kontaminan pada roti beserta potensi risikonya terhadap kesehatan manusia masih tersebar dan belum terangkum secara sistematis. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu tinjauan literatur yang mensintesis temuan-temuan penelitian terdahulu mengenai keragaman mikroorganisme yang mengontaminasi roti serta potensi risikonya terhadap kesehatan, untuk memberikan pemahaman yang lebih utuh sebagai dasar peningkatan kewaspadaan keamanan pangan produk roti di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur (*literature review*) untuk mengidentifikasi, mengkaji, dan mensintesis penelitian terdahulu mengenai kontaminasi mikrobiologis pada roti, meliputi keragaman bakteri, kapang, dan khamir, sumber serta faktor kontaminasi, karakteristik kerusakan, dan potensi risiko bagi kesehatan konsumen. Penelusuran literatur dilakukan melalui Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect menggunakan kata kunci dalam bahasa Indonesia dan Inggris, seperti "microbial contamination in bread", "bacterial contamination in bread", "fungal contamination in bread", "yeast contamination in bread", "bread spoilage", "foodborne pathogens in bread", "kontaminasi mikrobiologis pada roti", "kontaminasi bakteri pada roti", dan "kontaminasi kapang pada roti", dengan operator Boolean AND dan OR. Literatur yang dipilih berupa artikel ilmiah yang diterbitkan pada periode 2016–2026 dan tersedia dalam teks lengkap, baik penelitian primer maupun artikel tinjauan yang membahas mikroorganisme pada roti, kerusakan mikrobiologis, sumber dan faktor kontaminasi, serta potensi bahaya atau toksin. Seleksi dilakukan melalui penyaringan judul dan abstrak, kemudian dilanjutkan dengan telaah teks lengkap. Kriteria inklusi mencakup artikel yang membahas kontaminasi mikrobiologis pada roti atau produk bakery yang relevan, mengidentifikasi bakteri, kapang, dan/atau khamir, serta membahas dampaknya terhadap mutu, keamanan pangan, atau kesehatan. Artikel yang tidak relevan, duplikat, hanya tersedia dalam bentuk abstrak (Pranata & Husain, 2022), atau tidak dapat diakses secara lengkap dikeluarkan dari kajian.

Data yang diperoleh diekstraksi dan dianalisis secara kualitatif berdasarkan tahun dan lokasi penelitian, jenis roti, jumlah sampel, mikroorganisme yang ditemukan, metode identifikasi, sumber dan faktor kontaminasi, dampak terhadap mutu dan keamanan pangan, serta potensi risiko

kesehatan. Hasil selanjutnya disintesis berdasarkan kelompok mikroorganisme dan perannya sebagai pembusuk, patogen, atau penghasil toksin untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai keragaman mikroorganisme kontaminan, jalur kontaminasi, faktor yang memengaruhinya, serta potensi risikonya terhadap kesehatan konsumen.

HASIL

Setelah dilakukan penelusuran literatur menggunakan kata kunci yang telah ditentukan, diperoleh sejumlah artikel ilmiah yang memenuhi kriteria inklusi dan relevan dengan topik kontaminasi mikrobiologis pada roti. Artikel yang terpilih selanjutnya dianalisis berdasarkan karakteristik penelitian, jenis dan keragaman mikroorganisme kontaminan, sumber serta faktor kontaminasi, dan potensi risikonya terhadap kesehatan konsumen. Rincian hasil penelusuran dan karakteristik literatur yang digunakan dalam kajian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pencarian Literatur

No	Judul, Penulis dan Tahun	Mikroorganisme yang Ditemukan	Metode Identifikasi	Sumber/Faktor Kontaminasi	Potensi Risiko Kesehatan
1	Spoilage fungi in a bread factory in Brazil: diversity and incidence through the bread-making process (Garcia et al., 2019).	Kapang: <i>Aspergillus candidus</i> , <i>Wallemia sebi</i> , <i>Penicillium roqueforti</i> (dominan pada bahan baku), <i>P. roqueforti</i> dan <i>Hyphopichia burtonii</i> (dominan pada roti berjamur), <i>Cladosporium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp., <i>Mucor</i> sp.	Isolasi dan kultur dilakukan pada media DG18 (Dichloran 18% glycerol agar) dan CYA, lalu diidentifikasi secara makroskopis/mikroskopis.	Bahan baku (rye, tepung terigu, <i>wheat fiber</i>), serta udara di fasilitas produksi, terutama pada area pendinginan, pemotongan, dan pengemasan.	Genus <i>Aspergillus</i> dan <i>Penicillium</i> dikenal berpotensi menghasilkan mikotoksin.
2	Karakterisasi morfologi dan mikroskopis kapang pada roti yang dijual di sekitar kampus Poltekkes Kesuma Bangsa (Khoirunisa & Maleni, 2025).	Kapang: <i>Aspergillus</i> sp. dan <i>Penicillium</i> sp.	Pengamatan makroskopis (warna, bentuk, permukaan koloni) dan mikroskopis dengan pewarnaan <i>lactophenol cotton blue</i> (LPCB).	Penyimpanan pada suhu ruang (27-30°C) selama 3-5 hari.	Berpotensi menghasilkan mikotoksin (aflatoksin) yang bersifat karsinogenik dan beracun bagi hati.

3	Characterization of moulds associated with spoilage of bread sold in Ilaro, Yewa-South, Nigeria (Faparusi & Adewole, 2019)	Kapang: <i>Aspergillus niger</i> (dominan), <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Mucor</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.	Isolasi dengan <i>spread plate technique</i> pada <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA), identifikasi morfologi koloni & mikroskopis, uji aktivitas hidrolitik (<i>starch</i> , <i>milk</i> , <i>olive oil agar</i>)	Kontaminasi pascaproduksi (kondisi penyimpanan, penanganan oleh produsen dan lingkungan produksi yang kurang higienis).	<i>Aspergillus flavus</i> berpotensi menghasilkan aflatoksin, roti (<i>ready-to-eat food</i>) berisiko menjadi sumber penyakit terkait pangan.
4	The Inactivation of microscopic fungi in bakery products using hurdle technology-A Case Study (Diowks et al., 2024)	Khamir: <i>Hyphopichia</i> sp., <i>Saccharomyces</i> sp., <i>Candida</i> spp. (<i>C. guilliermondii</i> , <i>C. pelliculosa</i>) Kapang: <i>Aspergillus</i> spp. (<i>A. niger</i> , <i>A. ochraceus</i>), <i>Penicillium</i> spp.	Metode analisis sampling udara impaksi (MAS-100), swab permukaan, kultur pada media DG-18, identifikasi mikroskopis (mikroskop cahaya), dan uji API 20C AUX untuk khamir.	Udara dan permukaan pada ruang produksi (ruang drilling dan pengemasan).	<i>Candida guilliermondii</i> dan <i>C. parapsilosis</i> dikenal sebagai patogen oportunistik pada manusia.
5	Microbial and fungal contamination of wheat flour, dough, and bread samples collected from Isfahan, Iran (Abedi et al., 2020).	Kapang: <i>Penicillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Mucor</i> , <i>Aspergillus</i> (<i>A. flavus</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. terreus</i>), <i>Alternaria</i> , <i>Cunninghamella</i> , <i>Hyaline</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Epicoccum</i> , <i>Syncephalestrum</i>	<i>Total plate count</i> & <i>mold count</i> (YGCA/PCA), identifikasi morfologi pada <i>Malt Extract Agar</i> , PCR gen Beta-tubulin (primer Bt2a/Bt2b) dan sekuensing.	Tepung, adonan, dan roti dari 20 bakeri lokal, terkontaminasi selama panen, penyimpanan, dan pengolahan.	<i>A. flavus</i> penghasil aflatoksin, <i>A. niger</i> penghasil okratoksin, <i>A. terreus</i> resisten terhadap obat antijamur, berpotensi menular ke manusia melalui rantai pangan hewani (zoonotik).
6	<i>Cyberlindnera fabianii</i> , an uncommon yeast responsible for gluten bread spoilage (Colautti et al., 2024).	Khamir : <i>Cyberlindnera fabianii</i>	Khamir dikultur pada <i>Malt Agar</i> , uji fermentasi/asimilasi (API 50 CH), sekuensing gen D1-D2 LSU rRNA (primer NL1/NL4), analisis filogenetik (MAFFT, FastTree).	Kontaminasi pasca pemanggangan	<i>Cyberlindnera fabianii</i> merupakan khamir oportunistik yang dilaporkan dapat menyebabkan

					infeksi aliran darah invasif pada manusia.
7	Microbiological quality assessment of some commercially available breads (György & Laslo, 2024)	Bakteri: <i>Bacillus</i> spp. (<i>B. subtilis</i> , <i>B. amyloliquefaciens</i> , <i>B. methylotrophicus</i>), <i>Staphylococcus</i> spp. (<i>S. warneri</i> , <i>S. saprophyticus</i> , <i>S. pasteurii</i>), <i>Chryseobacterium</i> spp., <i>Marinilactobacillus</i> spp., Kapang: <i>Aspergillus</i> spp., <i>Penicillium</i> spp.	<i>Total plate count</i> (TPC), media selektif (<i>Cereus Selective Agar</i> , <i>Mannit-Kochsalz Agar</i> , <i>TBX Chromo Agar</i> , <i>Czapek Dox Agar</i>), identifikasi sekuensing 16S rDNA, analisis kluster K-means	Bahan baku roti (kentang, biji-bijian), proses pendinginan, pengirisan, dan pengemasan pasca-panggang.	<i>Staphylococcus</i> spp. terkait praktik higiene yang buruk, kapang (<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>) berpotensi menghasilkan mikotoksin.
8	Identifikasi pertumbuhan jamur <i>Aspergillus</i> sp. pada roti tawar yang dijual di kota Padang berdasarkan suhu dan lama penyimpanan (Khaira Mizana et al., 2016).	Kapang: <i>Aspergillus</i> sp.	Kapang ditumbuhkan pada media <i>Sabouraud Agar</i> , diinkubasi pada suhu 27°C selama 3-5 hari, lalu diidentifikasi secara makroskopis/mikroskopis (konidia, konidiofor, vesikel, fialid).	Suhu dan lama penyimpanan (suhu kamar 25-28°C vs suhu kulkas 10-15°C)	Berpotensi menghasilkan aflatoksin yang bersifat karsinogenik dan hepatotoksik.
9	Identification of mold contaminan in expired wet bread in Tulung Agung (Nurcahyani et al., 2024).	Kapang: <i>Aspergillus</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp.	Isolasi dilakukan pada media PDA (<i>Potato Dextrose Agar</i>) dan SDA (<i>Sabouraud Dextrose Agar</i>), diinkubasi pada suhu 37°C selama 2 hari, dan diidentifikasi secara makroskopis (warna dan bentuk koloni) dan mikroskopis	Roti basah yang telah melewati masa layak konsumsi (expired) dijual di toko/pasar di Kabupaten Tulungagung; kelembapannya tinggi dan area penyimpanannya kurang steril.	Roti yang tidak layak dikonsumsi berpotensi menimbulkan masalah kesehatan bagi konsumen akibat mikotoksin (misalnya aflatoksin) dari kapang <i>Aspergillus</i> sp.

			menggunakan mikroskop.		
10	Isolation and identification of molds causing spoilage of bread sold within Damaturu Metropolis, Yobe State, Nigeria (Nuhu & Yusuf, 2023)	Kapang: <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus</i> spp., dan <i>Rhizopus stolonifer</i> .	Kapang ditumbuhkan pada <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA), diinkubasi pada suhu 25°C selama 5-7 hari, kemudian diidentifikasi secara makroskopis & mikroskopis dengan pewarnaan <i>lactophenol cotton blue</i> .	Kontaminasi pascapemangangan melalui udara sekitar selama proses pendinginan, pematangan, pembungkusan, dan penyimpanan, serta iklim panas dan lembap di Damaturu.	<i>Aspergillus niger</i> dapat menyebabkan infeksi telinga, infeksi paru, gangguan usus, serta kanker hati dan paru, <i>Rhizopus</i> sp. (<i>black bread mold</i>) dapat menyebabkan infeksi fatal dan berpotensi toksigenik bila dikonsumsi.
11	Microbial assessment and proximate composition of bread samples collected from different bakeries in Ogbomoso, Oyo state, Nigeria (Ojo et al., 2021)	Bakteri: <i>E. coli</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . Kapang/khamir: <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Mucor</i> spp., <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium notatum</i> .	Metode yang digunakan yaitu <i>Standard Microbial Procedure</i> (SMP) untuk <i>total viable count</i> (TVC), coliform, dan <i>mold count</i> , metode <i>disc diffusion method</i> (DDM) untuk uji sensitivitas antimikroba, analisis proksimat (protein, lemak, abu, serat, kadar air, karbohidrat).	Praktik penanganan (<i>handling</i>) yang kurang higienis selama proses produksi.	<i>Staphylococcus aureus</i> berpotensi menyebabkan keracunan makanan.
12	The mycotoxin risks lurking in breads sold in Abuja Metropolis (Olukotun et al., 2021).	Kapang: <i>Aspergillus</i> sp., <i>Mucor</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., dan <i>Geotrichum</i> sp.	Kapang diisolasi dengan <i>spread plate method</i> pada <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA) dan diidentifikasi berdasarkan karakteristik kultural dan morfologi (mikroskopis).	Terkontaminasi lingkungan selama penyimpanan dan pematangan (<i>slicing</i>).	Kapang <i>Aspergillus</i> dan <i>Penicillium</i> berpotensi menghasilkan mikotoksin yang dapat menjadi ancaman bagi keamanan pangan jika

					regulasi tidak ditegakkan.
13	Isolation, characterization, and antibiogram profile of fungi from spoilt bread (Suleiman et al., 2026)	Kapang: <i>Aspergillus</i> sp., <i>Rhizopus</i> spp., <i>Mucor</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., dan <i>Penicillium</i> sp.	Kapang diisolasi pada <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA), lalu diidentifikasi melalui pendekatan polifasik berbasis karakteristik morfologi, serta diuji kerentanannya terhadap antijamur dengan metode <i>agar dilution</i> untuk menentukan <i>Minimum Inhibitory Concentration</i> (MIC) ketokonazol, flukonazol, dan itrakonazol.	Terkontaminasi lingkungan selama penyimpanan dan pemotongan (<i>slicing</i>).	Berpotensi menghasilkan mikotoksin.
14	Effect of storage conditions on the microbial and proximate composition of bread made from wheat flour and white flour (Nnenna J. P. & Precious, 2022)	Bakteri: <i>Micrococcus</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp., <i>Bacillus</i> sp. Kapang: <i>Aspergillus niger</i> , <i>A. flavus</i> , <i>Rhizopus</i> sp., <i>Mucor</i> sp., <i>Penicillium</i> sp. Khamir: <i>Candida</i> sp., dan <i>Saccharomyces</i> sp.	Isolasi bakteri pada <i>Nutrient Agar</i> dan kapang/khamir pada PDA, diinkubasi pada suhu 37°C/28-30°C selama 24-48 jam, lalu diidentifikasi morfologi koloni secara mikroskopis dengan <i>lactophenol cotton blue</i> , dan dianalisis secara proksimat (kadar air, protein, abu, karbohidrat).	Penyimpanan pada suhu ruang dan suhu dingin (kulkas) pada roti berbahan tepung terigu dan tepung putih.	<i>Bacillus</i> sp. (pembentuk spora tahan panas) paling dominan bertahan, jumlah mikroba meningkat pada penyimpanan suhu ruang dibanding suhu dingin (kulkas), berpotensi menurunkan keamanan pangan.
15	Isolation and identification of spoilage organisms in bakery products: comparative study of the effects of	Bakteri: <i>Bacillus</i> sp., <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Lactobacillus</i> sp., <i>Sporolactobacillus</i> sp., <i>Leuconostoc</i> sp., <i>Aeromonas</i> sp. Kapang/khamir:	Metode isolasi bakteri menggunakan <i>Total Heterotrophic Bacteria Count (spread plate</i> pada PCA), Total Coliform Count (<i>MacConkey Agar</i>), Total Staphylococcal Count (<i>Mannitol Salt</i>	Kontaminasi pasca-panggang & pembusukan cepat.	Roti tanpa pengawet menunjukkan jumlah bakteri koliform, stafilocokus, dan jamur tertinggi, adanya kapang berpotensi

	formulation factors and preservatives (Omorodion & Obiesie, 2026)	<i>Candida</i> sp., <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Mucor</i> sp., <i>Saccharomyces</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.	<i>Agar</i>), Total Fungal Count (PDA), lalu diidentifikasi secara morfologis/mikroskopis dengan <i>lactophenol cotton blue</i> dan analisis fisikokimia (pH, kadar air) dan evaluasi sensori.		menghasilkan mikotoksin.
16	Molecular identification of organisms from bread mold (Donatus et al., 2026).	Kapang: <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Penicillium</i> , dan <i>Fusarium</i> .	Kapang diisolasi pada <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA), kemudian dikarakterisasi secara mikroskopis (perbesaran 40x), diidentifikasi secara molekuler (DNA pada daerah ITS (± 600 bp), sekuensing, dan analisis BLASTn).	Terkontaminasi lingkungan selama penyimpanan dan pemotongan (<i>slicing</i>).	Kapang mikotoksigenik (misalnya <i>Aspergillus</i> , <i>Fusarium</i>) berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, pentingnya higiene produksi roti untuk keamanan pangan.
17	Microbiological quality of some packed and unpacked bread products in Alexandria, Egypt (Ali et al., 2023).	Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> dan kapang/khamir yang tidak diidentifikasi secara spesifik.	Metode isolasi menggunakan TPC, total yeast dan mould dalam CFU/g, total coliform dalam MPN/g, isolasi dan identifikasi <i>S. aureus</i> menggunakan <i>Baird-Parker agar</i> , pewarnaan Gram, uji katalase, dan uji koagulase.	Pengemasan (<i>packed/unpacked</i>), penggunaan sarung tangan, penutupan roti, lokasi display (dalam/luar toko), jenis roti, serta kondisi penyimpanan dan penanganannya.	Kualitas mikrobiologis yang rendah dapat berpengaruh terhadap keamanan pangan, kontaminasi fungi potensial yang memproduksi mikotoksin.

Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan terhadap 17 artikel ilmiah, diketahui bahwa roti merupakan produk pangan yang sangat rentan terhadap kontaminasi mikroorganisme, baik dari golongan kapang (*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., dan *Alternaria* sp.), khamir (*Candida* sp., *Saccharomyces* sp., *Hyphopichia* sp., dan *Cyberlindnera fabianii*), maupun bakteri (*Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp., dan *Escherichia coli*). Kontaminasi tersebut umumnya bersumber dari bahan baku (tepung dan bahan tambahan

pangan), lingkungan dan peralatan produksi, kondisi penyimpanan (suhu dan kelembapan), praktik pengemasan, serta higiene penanganan oleh produsen maupun penjual.

PEMBAHASAN

Tinjauan terhadap berbagai literatur mengenai kontaminasi mikrobiologis pada roti menunjukkan bahwa produk pangan berbasis tepung ini secara konsisten dilaporkan rentan terhadap pertumbuhan berbagai mikroorganisme, baik pada tahap produksi, penyimpanan, maupun distribusi. Kandungan karbohidrat, kadar air, dan kelembapan yang relatif tinggi pada roti menjadikannya media yang ideal bagi pertumbuhan kapang, khamir, dan bakteri, sehingga roti yang beredar di pasaran senantiasa berisiko mengalami penurunan mutu maupun menimbulkan potensi bahaya bagi kesehatan konsumen. Berdasarkan hasil sintesis dari berbagai studi yang telah ditinjau, pembahasan berikut disusun secara sistematis dalam empat aspek utama, yaitu keragaman mikroorganisme kontaminan yang ditemukan pada roti, sumber dan faktor yang memengaruhi terjadinya kontaminasi tersebut, potensi risiko kesehatan yang ditimbulkan bagi konsumen, serta berbagai upaya pengendalian yang telah dikembangkan beserta implikasinya terhadap keamanan pangan secara keseluruhan.

Keragaman Mikroorganisme Kontaminan pada Roti

Kontaminasi mikrobiologis pada roti melibatkan berbagai kelompok mikroorganisme. Keberadaan mikroorganisme tersebut dapat berperan sebagai penyebab kerusakan maupun menimbulkan masalah keamanan pangan. Bakteri *Bacillus* sp. merupakan salah satu mikroorganisme penting yang ditemukan pada roti, khususnya berkaitan dengan fenomena *rope spoilage* atau kerusakan roti yang ditandai oleh tekstur remah yang menjadi lengket dan berserat, perubahan warna, serta munculnya aroma yang tidak normal. Beberapa spesies bakteri yang dilaporkan berasosiasi dengan *rope spoilage* antara lain *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, kelompok *B. cereus*, *B. pumilus*, *B. sonorensis*, *Cytobacillus firmus*, *Niallia circulans*, *Paenibacillus polymyxa*, dan *Priestia megaterium* (Pacher et al., 2022). Selain bakteri, kelompok kapang merupakan kontaminan yang banyak dilaporkan pada produk roti dengan genus yang meliputi *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium* (Deligeorgakis et al., 2023; Faparusi & Adewole, 2019). Keberadaan kapang tersebut menunjukkan bahwa roti yang telah disimpan, terutama ketika kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan mikroorganisme, dapat mengalami kolonisasi kapang yang berpotensi memperpendek umur simpan (Nionelli et al., 2020). Kelompok khamir juga berkontribusi terhadap keragaman mikroorganisme pada roti, seperti hasil penelitian Colautti et al. (2024), yang mengidentifikasi *Cyberlindnera fabianii* sebagai khamir penyebab kerusakan pada roti gluten. Kerusakan oleh khamir ini ditandai dengan terbentuknya koloni berwarna putih berbentuk tepung dan filamen. Selain itu, evaluasi mikrobiologis terhadap roti kemasan dan tanpa kemasan di Alexandria menunjukkan adanya *Staphylococcus aureus*, khamir

dan kapang, serta kelompok bakteri lainnya yang terdeteksi melalui penghitungan *total plate count* dan koliform (Ali et al., 2023). Dengan demikian, hasil studi literatur menunjukkan bahwa mikroorganisme kontaminan pada roti memiliki keragaman taksonomi dan karakteristik yang luas, mulai dari bakteri pembentuk spora, kapang seperti *Aspergillus* dan *Rhizopus*, hingga khamir seperti *Cyberlindnera*, dengan keberadaannya dipengaruhi oleh karakteristik produk dan kondisi selama penyimpanan dan penanganan.

Sumber dan Faktor yang Mempengaruhi Kontaminasi Mikrobiologis pada Roti

Kontaminasi mikrobiologis pada roti umumnya terjadi setelah proses pemanggangan (*post-baking contamination*), karena suhu tinggi selama pemanggangan pada dasarnya mampu menginaktivasi sebagian besar spora mikroba yang berasal dari bahan baku (Nuhu & Yusuf, 2023). Paparan udara lingkungan produksi selama tahap pendinginan, pemotongan, pembungkusan, dan pengemasan menjadi jalur utama masuknya spora kapang dan khamir ke permukaan roti (Maziyya et al., 2026). Selain itu, kontak dengan permukaan peralatan yang tidak higienis serta praktik penanganan oleh pekerja turut berkontribusi terhadap tingkat kontaminasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian di berbagai toko roti ritel yang menunjukkan hubungan antara rendahnya praktik higiene penjamah dengan tingginya jumlah cemaran bakteri patogen pada produk roti (Putri et al., 2026). Faktor lingkungan dan penyimpanan turut berperan penting dalam mempercepat pertumbuhan mikroorganisme pada roti. Suhu dan kelembapan penyimpanan yang tinggi terbukti mempercepat laju pertumbuhan kapang dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu rendah/refrigerasi (Nurcahyani et al., 2024; Nazhifah et al., 2025). Jenis dan sistem pengemasan turut memengaruhi tingkat kontaminasi, roti yang dikemas rapat serta menggunakan pengemasan atmosfer termodifikasi dengan komposisi gas yang tepat (misalnya kadar CO₂ tinggi) terbukti dapat menghambat pertumbuhan kapang dan khamir dibandingkan roti yang dijual tanpa kemasan atau dengan kemasan yang kurang kedap udara (Ali et al., 2023; Diowks et al., 2024). Selain itu, formulasi produk turut berperan, penggunaan bahan pengawet seperti kalsium propionat, serta modifikasi proses seperti penggunaan susu panas pada pembuatan kue, terbukti mampu menekan pertumbuhan mikroba dibandingkan dengan produk tanpa pengawet (Omorodion & Obiesie, 2026). Dengan demikian, kontaminasi mikrobiologis pada roti bersifat multifaktorial, meliputi kondisi lingkungan produksi, praktik higiene, kondisi penyimpanan, serta formulasi dan jenis pengemasan produk.

Potensi Risiko Kesehatan Akibat Kontaminasi Mikrobiologis pada Roti

Kajian terkini menunjukkan bahwa risiko kesehatan yang berkaitan dengan kontaminasi kapang pada roti tidak hanya ditentukan oleh keberadaan kapang, tetapi juga oleh jenis metabolit yang dihasilkan serta pola distribusi mikotoksin dalam produk. Penelitian menggunakan pendekatan *targeted metabolite profiling* pada roti yang diinokulasi dengan berbagai spesies kapang menunjukkan bahwa sebagian besar mikotoksin, seperti kaetoglobosin A yang dihasilkan

oleh *Chaetomium globosum* dan meleagrin yang dihasilkan oleh *Penicillium chrysogenum*, cenderung terakumulasi secara lokal di sekitar area roti yang menunjukkan pertumbuhan kapang secara visual. Temuan tersebut menunjukkan bahwa distribusi mikotoksin tidak selalu meluas ke seluruh bagian roti. Namun, pola tersebut tidak berlaku untuk semua jenis mikotoksin. Citrinin yang dihasilkan oleh *Penicillium citrinum* dilaporkan dapat menyebar ke hampir seluruh bagian roti, meskipun pertumbuhan kapang secara visual hanya terdeteksi pada satu area. Dengan demikian, ketiadaan pertumbuhan kapang yang terlihat secara kasatmata tidak selalu dapat dijadikan indikator bahwa seluruh bagian roti terbebas dari mikotoksin, sehingga keberadaan kapang pada roti perlu dipertimbangkan sebagai salah satu aspek penting dalam penilaian keamanan pangan (Ollinger et al., 2024). Temuan ini mengindikasikan bahwa kebiasaan memotong dan membuang bagian roti yang berjamur tidak selalu menjamin keamanan bagian roti yang tersisa, tergantung pada spesies kapang yang menyebabkan jamur. Selain risiko mikotoksin, penilaian risiko kuantitatif terhadap pembusukan roti tawar oleh *Aspergillus niger* menunjukkan bahwa suhu penyimpanan pada tingkat ritel serta kontaminasi yang terjadi selama proses pendinginan di pabrik merupakan faktor paling dominan yang memengaruhi laju kerusakan dan potensi paparan konsumen terhadap kapang tersebut (Chou et al., 2024).

Dari sisi bakteri, *Staphylococcus aureus* masih menjadi salah satu mikroorganisme yang perlu mendapat perhatian pada produk roti dan kue (*fine bakery products*), karena strain tertentu dilaporkan mampu tumbuh dan menghasilkan enterotoksin stafilocokus pada kondisi penyimpanan tertentu. Keberadaan bakteri tersebut dapat menimbulkan risiko keracunan pangan apabila kondisi memungkinkan terbentuknya enterotoksin, sehingga keamanan produk tidak hanya ditentukan oleh keberadaan atau jumlah bakteri, tetapi juga oleh kemampuannya menghasilkan toksin (Necidová et al., 2022). Risiko serupa juga perlu diperhatikan pada *Bacillus cereus*, yaitu bakteri pembentuk spora yang mampu bertahan dalam kondisi lingkungan tertentu dan menghasilkan toksin emetik maupun toksin penyebab diare. Kajian bibliometrik terhadap publikasi tahun 2000–2024 menunjukkan meningkatnya perhatian ilmiah terhadap *B. cereus* sebagai patogen bawaan pangan, termasuk pada berbagai pangan matang seperti produk roti (Abdul et al., 2025). Selain bahaya yang ditimbulkan oleh bakteri, aspek lain yang relevan dalam keamanan mikrobiologis adalah munculnya resistensi antijamur pada *Aspergillus*, khususnya terhadap golongan azol. Tinjauan epidemiologis global menunjukkan bahwa *Aspergillus fumigatus* yang resisten terhadap azol telah dilaporkan di berbagai wilayah dunia, baik pada isolat klinis maupun lingkungan, dan perkembangan resistensi tersebut dikaitkan dengan penggunaan fungisida golongan azol secara luas di bidang pertanian dan lingkungan (Wiederhold, 2023). Kondisi tersebut menjadi perhatian khusus karena keberadaan *Aspergillus* resisten di lingkungan dapat berkontribusi terhadap tantangan dalam pengendalian infeksi jamur. Oleh karena itu, potensi keberadaan kapang dan mikroorganisme resisten pada pangan olahan, termasuk roti, perlu dipertimbangkan dalam kajian

keamanan pangan, terutama terkait kemungkinan paparan konsumen dan implikasinya bagi kelompok individu yang rentan terhadap infeksi jamur.

Upaya Pengendalian Kontaminasi Mikrobiologis pada Roti dan Implikasinya terhadap Keamanan Pangan

Meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk berlabel bersih (*clean label*) telah mendorong berkembangnya berbagai kajian mengenai minyak atsiri (*essential oils*) sebagai alternatif pengawet alami untuk menekan pertumbuhan kapang pada roti. Studi terbaru menunjukkan bahwa minyak atsiri thyme mampu menghambat pertumbuhan *Aspergillus flavus* dan *Penicillium expansum* pada roti melalui penentuan konsentrasi hambat minimum yang tepat, sehingga efek antijamur dapat dicapai tanpa mengubah aroma, tekstur, maupun tingkat penerimaan sensoris produk secara signifikan (Hernández-figueroa et al., 2025). Pendekatan lain berupa pengemasan aktif (*active packaging*) yang menyisipkan komponen minyak atsiri seperti timol dan karvakrol ke dalam lapisan kemasan juga terbukti sangat efektif dalam menghambat berbagai spesies *Aspergillus* toksigenik dalam fase uap, sehingga menjadi strategi yang menjanjikan untuk memperpanjang masa simpan roti tanpa kontak langsung dengan bahan pengawet (Safakas et al., 2025). Sejalan dengan hal tersebut, kombinasi minyak atsiri kayu manis, cengkih, dan daun salam yang dioptimalkan pada roti gandum utuh terbukti mampu memperpanjang masa simpan hingga 22 hari ketika diaplikasikan pada permukaan roti, jauh melampaui masa simpan roti tanpa pengawet yang umumnya hanya bertahan 3–5 hari (Silveira & Moreira, 2026). Di samping pendekatan berbasis bahan alami, pengendalian pada tingkat proses dan rantai pasok juga terbukti krusial. Hasil penilaian risiko kuantitatif menegaskan bahwa suhu penyimpanan di tingkat ritel serta kondisi pendinginan pascapanggang di pabrik merupakan titik kendali kritis (*critical control point*) yang paling menentukan laju pembusukan roti oleh *Aspergillus niger*, sehingga optimalisasi rantai dingin dan pengendalian suhu penyimpanan di gerai ritel dapat menjadi strategi pengendalian yang efektif dan relatif mudah diterapkan dibandingkan dengan modifikasi formulasi produk (Chou et al., 2024).

Implikasi lain yang perlu diperhatikan adalah perlunya kehati-hatian dalam penggunaan bahan antijamur secara berulang atau tidak selektif, mengingat meluasnya laporan resistensi azol pada *Aspergillus* akibat tekanan seleksi dari penggunaan fungisida sejenis di berbagai sektor, termasuk pangan dan pertanian (Wiederhold, 2023). Temuan ini mengisyaratkan bahwa strategi pengendalian jangka panjang perlu diarahkan pada kombinasi berbagai metode (pengawet alami, pengendalian suhu, dan pengemasan aktif) dibandingkan dengan bertumpu pada satu jenis bahan antijamur sintetis semata. Secara keseluruhan, temuan-temuan di atas memiliki implikasi penting bagi keamanan pangan produk roti. Berikut beberapa hal yang dapat dilakukan untuk membantu pengendalian kontaminasi mikrobiologis, yaitu pertama, edukasi konsumen mengenai risiko konsumsi roti yang sebagian berjamur perlu disesuaikan dengan karakteristik mikotoksin yang

mungkin diproduksi, karena tidak semua metabolit toksik terkonsentrasi secara lokal di area yang tampak rusak (Ollinger et al., 2024). Kedua, industri roti perlu memperkuat pengendalian pada titik kritis proses produksi, khususnya pada tahap pendinginan dan penyimpanan, sebagai langkah pencegahan yang terbukti secara kuantitatif paling berpengaruh terhadap risiko pembusukan (Chou et al., 2024). Ketiga, pemanfaatan minyak atsiri sebagai pengawet alami, baik yang diaplikasikan langsung pada produk maupun diintegrasikan ke dalam sistem pengemasan aktif, menawarkan alternatif yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan pada pengawet sintetis tanpa mengorbankan mutu sensoris maupun keamanan produk (Hernández-Figueroa et al., 2025; Safakas et al., 2025; Silveira et al., 2025). Keempat, mengingat ancaman resistensi antijamur yang bersifat lintas sektor, pengendalian kontaminasi mikrobiologis pada roti perlu dipandang sebagai bagian dari isu keamanan pangan yang lebih luas dan memerlukan pendekatan multidisiplin, mulai dari praktik produksi, regulasi penggunaan bahan antijamur, hingga pengawasan mutu di sepanjang rantai distribusi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil tinjauan literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa roti merupakan produk pangan yang rentan terhadap kontaminasi berbagai mikroorganisme, meliputi kapang (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Mucor*, dan *Fusarium*), khamir (*Cyberlindnera fabianii* dan *Candida* spp.), serta bakteri pembentuk spora dan patogen seperti *Bacillus* spp. dan *Staphylococcus aureus*. Kontaminasi tersebut umumnya terjadi setelah proses pemanggangan dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kondisi lingkungan produksi, praktik higiene penanganan, suhu dan kelembapan penyimpanan, serta formulasi dan jenis pengemasan produk. Keberadaan mikroorganisme kontaminan tersebut menimbulkan potensi risiko kesehatan yang serius bagi konsumen, mulai dari efek toksik akibat mikotoksin yang bersifat karsinogenik dan hepatotoksik, keracunan pangan akibat enterotoksin bakteri, hingga ancaman resistensi antijamur yang dapat mempersulit penanganan infeksi jamur pada kelompok rentan. Berbagai upaya pengendalian yang terbukti efektif dalam menekan risiko kontaminasi tersebut meliputi penggunaan minyak atsiri sebagai pengawet alami, serta pengendalian suhu penyimpanan pada tingkat ritel maupun produksi. Dengan demikian, pengendalian kontaminasi mikrobiologis pada roti perlu dipandang sebagai bagian dari upaya keamanan pangan yang bersifat multidisiplin, mencakup kombinasi berbagai metode pengendalian, penguatan praktik higiene di sepanjang rantai produksi dan distribusi, serta edukasi konsumen, untuk menjamin mutu dan keamanan produk roti yang beredar di masyarakat.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Malang atas dukungan serta fasilitas yang telah diberikan selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penyusunan naskah ini dapat terlaksana dengan baik.

Referensi

- Abdul, M., Pavoni, E., & Grant, G. (2025). *Bacillus cereus in food safety: a bibliometric analysis*. (June), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1574802>.
- Abedi, R., Sami, M., Mohammadi, R., & Mirlohi, M. (2020). Microbial and fungal contamination of wheat flour, dough, and bread samples collected from Isfahan, Iran. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 51(2), 163–170.
- Ali, M. A., Hashish, M. H., & Fekry, M. M. (2023). Microbiological quality of some packed and unpacked bread products in Alexandria, Egypt. *Journal of the Egyptian Public Health Association*, 98(1). <https://doi.org/10.1186/s42506-023-00141-9>.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2026). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 3 Tahun 2026 tentang perubahan atas Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 13 Tahun 2019 tentang batas maksimal cemaran mikroba dalam pangan olahan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik.
- Chou, K., Liu, J., Lu, X., & Hsiao, H.-I. (2024). Quantitative microbial spoilage risk assessment of *Aspergillus niger* in white bread reveal that retail storage temperature and mold contamination during factory cooling are the main factors to influence spoilage. *Food Microbiology*, 119, 104443. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104443>.
- Colautti, A., Orecchia, E., Coppola, F., Iacumin, L., & Comi, G. (2024). *Cyberlindnera fabianii*, an uncommon yeast responsible for gluten bread spoilage. *Foods*, 13(15), 2381. <https://doi.org/10.3390/foods13152381>.
- Deligeorgakis, C., Magro, C., Skendi, A., Gebrehiwot, H. H., Valdramidis, V., & Papageorgiou, M. (2023). *Systematic Review and Meta-Analysis*. 1–52.
- Diowksz, A., Kopeć, P., & Koziróg, A. (2024). The Inactivation of Microscopic Fungi in Bakery Products Using Hurdle Technology—A Case Study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(22), 1–16. <https://doi.org/10.3390/app142210648>.
- Donatus, G. M., Chuku, S., Jude, K., Uzoma, M., Bakpo, E., & Numbere, A. (2026). Molecular Identification of Organisms from Bread Mold. *Food and Drug Safety*, 3(1), 147–161.
- Faparusi, F., & Adewole, A. (2019). Characterization of moulds associated with spoilage of bread sold in Ilaro, Yewa-South, Nigeria. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(1), 426–433. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.33>.
- Ferdian, E., Ariestanti, C. A., & Budiarto, T. Y. (2020). Detection and Identification of Microbial Contaminant in Bakery Products in Yogyakarta City, Indonesia. *Sciscitatio*, 1(1), 44–50. <https://doi.org/10.21460/sciscitatio.5>.
- Garcia, M. V., Bernardi, A. O., Parussolo, G., Stefanello, A., Lemos, J. G., & Copetti, M. V. (2019). Spoilage fungi in a bread factory in Brazil: Diversity and incidence through the bread-making process. *Food Research International*, 126(July), 108593. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108593>.
- György, É., & Laslo, É. (2024). Microbiological Quality Assessment of Some Commercially Available Breads. *Foods*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/foods13203271>.
- Hernández-figueroa, R. H., López-malo, A., Ramírez-corona, N., & Mani-lópez, E. (2025). *Estimation of the Antifungal Threshold of Thyme Essential Oil for Bread Preservation , Ensuring Consumer Acceptance and Product Quality*. 1–19.
- Khaira Mizana, D., Suharti, N., & Amir, A. (2016). Identifikasi Pertumbuhan Jamur *Aspergillus* Sp pada

- Roti Tawar yang Dijual di Kota Padang Berdasarkan Suhu dan Lama Penyimpanan. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 5(2), 355–360. <https://doi.org/10.25077/jka.v5i2.521>.
- Khoirunisa, S., & Maleni, R. (2025). Karakterisasi morfologis dan mikroskopis kapang pada roti yang dijual di sekitar Kampus Poltekkes Kesuma Bangsa. *Klorofil: Jurnal Ilmu Biologi dan Terapan*, 9(2). <https://doi.org/10.30821/kfl:jibt.v7i1.12880>.
- Margolies, A., Amunga, D., & Choo, E. M. (2026). A systematic scoping review of urban food environment research, interventions, and measurement approaches in eight low- and middle-income countries. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 23(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12966-026-01884-2>
- Maziyya, A., Firdaus, F., Rahayu, M. P., Putri, A. N., Putri, A., Rullia, S. A., & Kumusaningrum, I. (2026). *Analisis Penyebab Kegagalan Produk Roti Tawar dan Strategi Pengendaliannya Berdasarkan HACCP*. 5.
- Nazhifah, A. Z., Azahra, S., & Harlita, T. D. (2025). Identifikasi Jamur *Aspergillus* sp. pada Roti Kemasan yang Dijual di Wilayah Rapak dalam Kota Samarinda. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(3), 12936–12943.
- Necidová, L., Bursová, Š., Haruštiaková, D., & Bogdanovičová, K. (2022). Evaluation of *Staphylococcus aureus* growth and staphylococcal enterotoxin production in delicatessen and fine bakery products. *Acta Veterinaria Brno*, 91, 417–425. <https://doi.org/10.2754/avb202291040417>.
- Nionelli, L., Wang, Y., Pontonio, E., Immonen, M., Rizzello, C. G., Maina, H. N., Katina, K., & Coda, R. (2020). Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf-life. *Food Control*, 118(May), 107437. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107437>.
- Nnenna J. P., O., & Precious, O. (2022). Effect of Storage Conditions on the Microbial and Proximate Composition of Bread Made From Wheat Flour and White Flour. *Asian Food Science Journal*, 21(1), 21–30. <https://doi.org/10.9734/afsj/2022/v21i130397>.
- Nuhu, M., & Yusuf, R. (2023). Isolation and Identification of Molds Causing Spoilage of Bread Sold within Damaturu Metropolis, Yobe State, Nigeria. *International Journal of Advancement in Life Sciences Research*, 6(4), 1–5. <https://doi.org/10.31632/ijalsr.2023.v06i04.001>.
- Nurchayan, D. A., Safitri, Y. D., & Widodo, W. T. (2024). Identification of mold contaminant in expired wet bread in Tulung Agung. *Journal of Natural Science and Learning*, 3(1), 15–19.
- Ojo, S. S., Adeoye, A. O., Ajala, A. S., & Oladipo, I. C. (2021). Microbial assessment and proximate composition of bread samples collected from different bakeries in ogbomoso, oyo state, nigeri *Notulae Scientia Biologicae*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.15835/nsb13110873>.
- Ollinger, N., Malachova, A., Sulyok, M., Krska, R., & Weghuber, J. (2024). Food Chemistry : X Mycotoxin contamination in moldy slices of bread is mostly limited to the immediate vicinity of the visible infestation. *Food Chemistry: X*, 23(April), 101563. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101563>.
- Olukotun, G. B., Labbo, Z., Abakpa, O. G., Adamu, B. B., & P. N, A. (2021). The Mycotoxin Risks Lurking in Breads Sold in Abuja Metropolis. *Asian Food Science Journal*, 20(7), 47–56. <https://doi.org/10.9734/afsj/2021/v20i730320>.
- Omorodion, N. J. P., & Obiesie, A. M. (2026). Isolation and Identification of Spoilage Organisms in Bakery Products: Comparative Study of the Effects of Formulation Factors and Preservatives. *IPS Journal of Nutrition and Food Science*, 6(1), 660–672. <https://doi.org/10.54117/ebnwzy15>.
- Pacher, N., Burtcher, J., Johler, S., Etter, D., Bender, D., Fieseler, L., & Domig, K. J. (2022). Ropiness in Bread—A Re-Emerging Spoilage Phenomenon. *Foods*, 11(19), 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods11193021>.
- Putri, A. A., Nurlaela, R. S., & Hapsari, D. R. (2026). *Literatur Review: Aspek Sanitasi pada Industri Roti dalam Menjamin Mutu Keamanan Pangan*. 5, 3613–3620.
- Rahman, M., Islam, R., Hasan, S., Zzaman, W., Rana, M. R., Ahmed, S., Roy, M., Sayem, A., Matin, A., Raposo, A., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B. A., & Sunny, A. R. (2022). A Comprehensive Review on Bio-Preservation of Bread: An Approach to Adopt Wholesome Strategies. *Foods*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/foods11030319>.
- Rahman, M. S., Soltani, S., LaPointe, G., Karboune, S., & Fliss, I. (2025). Lactic acid bacteria: beyond fermentation to bio-protection against fungal spoilage and mycotoxins in food systems. *Frontiers in Microbiology*, 16(June), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1580670>.
- Rahmawati, I., Fatihatu, L., & Umami, M. (2025). dentifikasi Diversitas Mikroba Pada Pangan Roti

- Expired dan Non-Expired. *Jurnal Biosense*, 8(1), 16–29.
- Rosyunita, R., Pawestri, S., Hasbi, N., & Rahim, A. R. (2023). Aflatoksin: Aspek kesehatan, metode reduksi dan deteksinya. *Sasambo Journal of Pharmacy*, 4(2), 98–106. <https://doi.org/10.29303/sjp.v4i2.250>.
- Safakas, K., Lainioti, G. C., Tsiamis, G., Stathopoulou, P., & Ladavos, A. (2025). *Utilizing Essential Oil Components as Natural Antifungal Preservatives in the Active Packaging of Bread*.
- Silveira, M. P., & Moreira, K. G. (2026). *Enhancing Wholemeal Bread Shelf Life Using Optimized Mixtures of Cinnamon, Clove, and Bay Leaf Essential Oils*. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202501988>.
- Suleiman, A., Abaka, A. M., & Istifanus, R. (2026). Isolation, Characterization, and Antibioqram Profile of Fungi from Spoilt Bread. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 15(1), 669–677. <https://doi.org/10.14421/biomedich.2026.151.669-677>.
- Susita Prasati, N., Burhan, S., Hasanah, M., Nisa, I. K., Avidhah Elhany, N., & Ikbali, M. (2026). Deteksi Dan Identifikasi Jamur Kontaminan Pada Produk Roti Di Situbondo. *Prima Eksakta*, 3(1), 50. <https://doi.org/10.36841/pe.v3i1.7721>.
- Wattimury, A., Samodra, E. A. M., Ferdian, E., Budiarmo, T. Y., & Amarantini, C. (2024). Identifikasi cemaran bakteri *Staphylococcus* sp. dan jamur *Aspergillus* sp. pada produk roti untuk meningkatkan keamanan pangan. *Journal of Comprehensive Science*, 3(8), 2321–2329. <https://doi.org/10.59188/jcs.v3i8.838>.
- Wiederhold, N. P. (2023). Epidemiology and prevalence of azole-resistant *Aspergillus fumigatus*: What is our understanding of the situation? *Current Fungal Infection Reports*, 17, 177–187. <https://doi.org/10.1007/s12281-023-00469-x>.
- Yennie, Y., Dewanti-Hariyadi, R., Kusumaningrum, H. D., & Poernomo, A. (2022). Contamination of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in Sushi at Retail Level in Jabodetabek Area. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2), 331–344. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i2.42066>.