

## Identifikasi Cemaran Bakteri *Staphylococcus* sp. dan Jamur *Aspergillus* sp. pada Produk Roti untuk Meningkatkan Keamanan Pangan

Angelia Wattimury<sup>1</sup>, Eunike Andriani Marganingrum Samodra<sup>2</sup>, Evelyn Ferdian<sup>3</sup>, Tri Yahya Budiarso<sup>4</sup>, Charis Amarantini<sup>5</sup>

<sup>12</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan, Politeknik Santo Paulus Surakarta

<sup>345</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana

Email: wattimuryangelia@gmail.com, eunikeandriani0708@gmail.com, evferdian5@gmail.com, yahya@staff.ukdw.ac.id, charis@staff.ukdw.ac.id

### Abstrak

Roti merupakan salah satu produk makanan cepat saji karena sangat mudah didapatkan dan sebagai salah satu bahan makanan pokok yang dikonsumsi secara global. Namun, roti mudah mengalami kerusakan yang dapat disebabkan oleh bakteri dan jamur yang mempengaruhi kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi cemaran atau kontaminan bakteri dan jamur pada produk roti. Sampel roti diperoleh dari beberapa kantin sekolah, warung, dan pasar yang berada di Kota Yogyakarta. Dalam mengidentifikasi bakteri dibutuhkan medium *Nutrient Agar*, *Mannitol Salt Agar*, dan *Baird Parker Agar*, sedangkan jamur ditumbuhkan pada medium *Malts Extract Agar* pada cawan petri. Seleksi koloni bakteri menjadi koloni tunggal dilakukan dengan uji biokimia. Uji konfirmasi bakteri dilakukan dengan API Staph dan uji molukuler dengan gen penanda *nuc* dan *sea* menggunakan PCR. Isolat jamur diidentifikasi secara makromorfologi melalui pengamatan bentuk koloni dan mikromorfologi melalui pengamatan sel dengan teknik *slide culture*. Jenis bakteri yang ditemukan pada sampel yaitu *Staphylococcus aureus* (teridentifikasi API 52,8%, 97,7%, dan 97,7%). Isolat terduga *S. aureus* dengan persentase ID 52,8% terdeteksi memiliki gen *sea* tetapi tidak memiliki gen *nuc*. Isolat terduga. Jenis jamur yang ditemukan pada sampel yaitu *Aspergillus niger*.

**Kata Kunci:** Roti, Kontaminasi, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus niger*

### Abstract

Bread is one of the fast food products because it is very easy to get and as one of the staple food ingredients consumed globally. However, bread is easily damaged which can be caused by bacteria and fungi that affect health. This study aims to identify contamination or contaminants of bacteria and fungi in bakery products. Bread samples were obtained from several school canteens, stalls, and markets in Yogyakarta City. In identifying bacteria, *Nutrient Agar*, *Mannitol Salt Agar*, and *Baird Parker agar* mediums are needed, while mushrooms are grown on *Malts Extract agar medium* in petri dishes. The selection of bacterial colonies into single colonies is carried out by biochemical tests. Bacterial confirmation tests were performed with API Staph and molcululent tests with *nuc* and *sea* marker genes using PCR. Fungal isolates were identified macromorphologically through observation of colony shape and micromorphology through cell observation with *slide culture* technique. The type of bacteria found in the sample was *Staphylococcus aureus* (identified API 52.8%, 97.7%, and 97.7%). The suspected *isolate of S. aureus* with an ID percentage of 52.8% was detected to

have the *sea* gene but did not have the *nuc* gene. Suspected isolate. The type of fungus found in the sample is *Aspergillus niger*.

---

**Keywords:** Bread, Contamination, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus niger*

---

## PENDAHULUAN

Pangan merupakan kebutuhan utama yang dibutuhkan dalam kehidupan manusia (Firtiyani *et al.*, 2019). Menurut FAO (2011) pangan adalah sesuatu yang dikonsumsi secara konsisten dalam jumlah tertentu dan berubah menjadi bagian umum dari rutinitas makan yang berlebihan sebagaimana menjadi sumber utama energi dan gizi yang dibutuhkan tubuh. Salah satu sumber pangan yang memiliki nilai gizi dan sumber energi bagi tubuh manusia adalah karbohidrat. Jenis karbohidrat yang sering dikonsumsi masyarakat antara lain nasi, ubi, singkong, dan kentang, serta beberapa produk sereal dan roti.

Dalam memenuhi kebutuhan makanan, sebagian orang lebih memilih cara praktis. Produk makanan seperti roti merupakan salah satu produk makanan cepat saji karena sangat mudah didapatkan dan sebagai salah satu bahan makanan pokok yang dikonsumsi secara global karena kandungan gizinya yang tinggi sebagai sumber energi, serat, dan protein (Kourkouta *et al.*, 2017). Menurut SNI 1995, definisi roti adalah produk yang diperoleh dari adonan tepung terigu yang diragikan dengan ragi roti dan dipanggang, dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain dan bahan tambahan makanan yang diizinkan. Secara umum roti biasanya dibedakan menjadi roti manis atau roti isi (*Asian Bread*) dan roti tawar (*Continental Bread*).

Menurut data Statistik Konsumsi Pangan 2023 di Indonesia, rata-rata konsumsi per kapita roti tawar dan roti manis/roti lainnya masing-masing per minggu 0.317 potong dan 1.068 potong sedangkan per tahun 16.523 potong dan 55.700 potong. Berdasarkan data banyaknya konsumsi roti, dapat diperkirakan jumlah konsumsi tahun 2024 akan mengalami peningkatan. Oleh karena itu, roti dapat dikategorikan sebagai salah satu makanan penting. Walaupun digemari, roti tidak dapat bertahan lama karena jenis dan komposisinya mengakibatkan roti cenderung cepat mengalami kerusakan. Kerusakan produk roti terutama disebabkan oleh jamur, dan kadang-kadang bakteri (Andr'e *et al.*, 2017; Legan dan Voysey, 1991). Hal ini dapat disebabkan oleh bahan dasar dari roti yaitu tepung terigu yang mengandung pati. Pati dihidrolisis oleh jamur menjadi gula sederhana karena gula merupakan sumber energi utama atau makanan bagi jamur tersebut. Jamur selain berperan dalam pembuatan roti, jamur juga berperan dalam kerusakan roti akibat kontaminasi. Jenis jamur yang sering menyebabkan kontaminasi pada roti yaitu *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. (Syaifuddin, 2017); (Garcia *et al.*, 2019). Beberapa strain dari genus ini dapat menghasilkan mikotoksin yang diproduksi sebagai metabolit sekunder yang beracun bagi manusia maupun hewan (Marin *et al.*, 2013). Selain jamur, bakteri juga dapat menjadi kontaminan terhadap roti yang berasal dari bahan baku, bahan tambahan, tangan pekerja, dan kondisi lingkungan (Edwards, 2007).

Kontaminasi yang terjadi dapat menimbulkan kekhawatiran tentang resiko keamanan pangan. Keamanan pangan memiliki hubungan erat dengan kesehatan manusia dan telah menjadi perhatian bagi masyarakat Indonesia maupun global (Nayak & Jespersen, 2022). Oleh karena itu fokus pada penelitian ini tentang deteksi mikroorganisme kontaminan seperti jamur dan bakteri pada produk roti untuk meningkatkan keamanan pangan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan, Medium Pertumbuhan, dan Kit Konfirmasi

Bahan yang digunakan adalah 30 buah roti sebagai sampel. Medium yang digunakan untuk identifikasi jamur dan bakteri diantaranya; peptone water 1% untuk resusitasi bakteri, Malt Extract Agar (MEA) (Oxoid™) sebagai medium pertumbuhan jamur, Nutrient Agar (NA) (Merck™), Mannitol Salt Agar (MSA) (Merck™) dan BAIRD-PARKER Agar (BPA) (Merck™) sebagai medium selektif *Staphylococcus*, Brain Heart Infusion (BHI) (Merck™)

Agar untuk menyimpan isolat bakteri, Potato Dextrose Agar (PDA) (Merck <sup>TM</sup>) untuk menyimpan isolat jamur, reagen uji pewarnaan gram. Uji Konfirmasi bakteri menggunakan API Staph, Kit isolasi DNA, buffer set, kit PCR.

### **Pengambilan Sampel**

Sampel roti diperoleh dari beberapa tempat seperti pasar tradisional, toko kelontong, dan beberapa kantin di sekolah yang berada di Kota Yogyakarta. Sampel kemudian disimpan pada plastik *ziplock*.

### **Pengamatan Kerusakan Roti oleh Jamur Kontaminan**

Pengamatan kerusakan roti dilakukan setiap hari selama 14 hari. Kriteria yang diamati adalah warna, tekstur, dan aroma. Kontaminasi dapat diketahui dari adanya perubahan warna pada roti menjadi abu-abu, hijau kekuningan, maupun biru kehijauan, dan adanya benang-benang halus (hifa) pada permukaan ataupun bagian dalam roti, serta timbulnya aroma yang kurang enak.

### **Isolasi dan Identifikasi Jamur**

Isolasi jamur dilakukan dengan mengambil isolat dari permukaan ataupun bagian dalam roti yang sudah berjamur dan dipindahkan ke medium pertumbuhan MEA pada cawan petri dan diinkubasi pada suhu ruang selama 7 – 10 hari. Setelah jamur tumbuh dan dapat dilihat karakter koloninya, jamur diambil menggunakan ose dan ditumbuhkan dengan teknik *slide culture* selama 2 – 3 hari dan kemudian diamati secara mikroskopis di bawah mikroskop. Mikromorfologi jamur diamati dan diidentifikasi menggunakan kunci identifikasi Navi *et al* (1999) serta secara makromorfologi dengan mengamati warna dan bentuk koloni yang tumbuh pada medium pertumbuhan.

### **Isolasi dan Identifikasi Bakteri**

Isolasi bakteri dilakukan dengan mengambil sampel roti sebanyak 10gram kemudian dilarutkan ke dalam 90 mL *peptone water* 1% dan dinkubasi selama 12 jam pada suhu ruang untuk resusitasi sel bakteri. Setelah itu, dibuat serial dilusi  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ , dan  $10^{-7}$  pada medium pertumbuhan di tabung reaksi dan masing-masing pengenceran diinokulasi pada medium pertumbuhan di cawan petri.

Medium selektif yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri *Staphylococcus* sp. adalah BPA yang sebelumnya diinokulasikan pada medium NA dan MSA. Setelah itu, sampel diinkubasi pada inkubator selama 24 – 48 jam pada suhu 37 °C sampai adanya pertumbuhan koloni pada medium. Koloni terduga yang tumbuh, di *streak* ulang pada medium pertumbuhan sehingga didapatkan kultur murni dan dipilih untuk menjadi koleksi sampel yang kemudian diidentifikasi melalui uji biokimia yaitu uji pewarnaan gram dan uji motilitas untuk seluruh sampel, serta uji konfirmasi menggunakan API Staph untuk *Staphylococcus* sp.

### **Deteksi Gen Nuc pada Isolat *Staphylococcus aureus***

Deteksi gen nuc diawali dengan isolasi DNA menggunakan The Wizard® Genomic DNA Purification Kit, kemudian dilakukan PCR dengan menggunakan primer referensi dari Kim (2001) yang memiliki panjang 270 bp, *forward* 5'GCGATTGATGGTGATACGGTT-3' dan *reverse* 3'AGCCAAGCCTTGACGAACTAAAGC-S'. Amplifikasi dilakukan sebanyak 35 siklus, dengan kondisi pre-denaturasi pada suhu 95 °C selama 2 menit, denaturasi pada suhu 95 °C selama 60 detik, annealing pada suhu 58 °C selama 30 detik, extension pada suhu 72 °C selama 60 detik, dan final extension pada suhu 72 °C selama 5 menit.

### **Deteksi Gen Sea pada Isolat *Staphylococcus aureus***

Deteksi gen sea diawali dengan isolasi DNA menggunakan The Wizard® Genomic DNA Purification Kit, kemudian dilakukan PCR dengan menggunakan primer referensi dari Johnson *et al* (1991) yang memiliki panjang 120 bp, *forward* 5'TTGGAAACGGTTAAAACGAA-3' dan *reverse* 3'GAACCTICCCATCAAAAACA-5'. Amplifikasi dilakukan sebanyak 35 siklus, dengan kondisi pre-denaturasi pada suhu 95 °C selama 3 menit, denaturasi pada suhu 94 °C

selama 2 menit, annealing pada suhu 58 °C selama 1 menit 30 detik, extension pada suhu 72 °C selama 60 detik, dan final extension pada suhu 72 °C selama 5 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deteksi *Staphylococcus* sp. pada Produk Roti

Pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus* sp. pada medium MSA adalah sekitar  $1.7 \times 10^7 - 22 \times 10^7$  CFU/gram sampel. Koloni yang dapat tumbuh pada medium MSA adalah koloni bakteri *Staphylococcus* karena merupakan medium selektif. Pada penelitian ini koloni bakteri yang tumbuh pada medium MSA dengan ciri media sekitar koloni berwarna kuning diduga sebagai *Staphylococcus aureus* karena kemampuannya dalam memfermentasi mannitol dan dapat tumbuh pada kadar garam sebesar 7,5% yang ada pada medium MSA.

Koloni kuning yang tumbuh pada medium MSA, selanjutnya ditumbuhkan pada medium BPA yang juga merupakan medium selektif diferensial bakteri *Staphylococcus*. Pada medium ini, koloni yang tumbuh berwarna hitam mengkilap yang disertai *clear zone* dan *opaque zone* mengindikasikan bahwa bakteri tersebut merupakan bakteri koagulase positif. Koloni berwarna hitam yang tumbuh pada medium BPA tersebut merupakan koloni bakteri yang dapat mereduksi tellurit menjadi tellurium, sedangkan *clear zone* menandakan adanya aktivitas enzim lesitinase. Koloni hitam dengan *clear zone* diduga merupakan *Staphylococcus aureus*, sedangkan koloni hitam yang tidak memiliki *clear zone* dapat diduga jenis *Staphylococcus aureus* lesitinase negatif, *Staphylococcus* jenis lain, *Bacillus* spp., *Proteus* spp., *Enterococci*, dan *Micrococci* (Capita et al., 2001).

### Identifikasi *Staphylococcus* sp. pada Produk Roti

Identifikasi bakteri dilakukan dengan uji pewarnaan gram, uji konfirmasi dengan API Staph, dan Uji Molukelur.

#### Uji Pewarnaan Gram

Uji pewarnaan Gram menggunakan empat reagen yang ditetesi secara berurutan. Bakteri yang telah difiksasi akan ditetesi dengan reagen *crystal violet*, berfungsi untuk memberi warna pada dinding sel bakteri yang memiliki kemampuan menyerap zat pewarna kation sehingga dapat mendeteksi jenis gram. Reagen kedua adalah lugol memiliki fungsi untuk mengikat zat warna pada bakteri. Selanjutnya ditambah alkohol yang berfungsi untuk membilas kelebihan zat warna pada sel bakteri. Reagen yang keempat adalah safranin yang berfungsi untuk memberikan warna pada bakteri, warna merah untuk bakteri gram negatif, sedangkan untuk bakteri gram positif tidak mengalami perubahan warna atau tidak terpengaruh (Amin et al., 2023).

#### Uji Konfirmasi Isolat Terduga *Staphylococcus aureus* menggunakan API Staph

Dari sampel roti yang telah diuji, didapatkan 5 isolat terduga *Staphylococcus aureus*. Konfirmasi isolat tersebut dengan menggunakan API Staph yang merupakan metode standar untuk identifikasi genus *Staphylococcus* dengan memakai tes biokimia dalam *microtube* dan hasilnya dapat dilihat pada *database*. Uji API Staph menguji kemampuan isolat untuk memfermentasi beberapa karbohidrat dan beberapa uji lainnya seperti reagen *Voges Proskauer* (VP), nitrat, *Arginine dihydrolase* (ADH), dan urea yang juga merupakan uji biokimia. Alat dan bahan lainnya, API *strip*, *mineral oil*, dan standar Mc Farland 0.5 (Biomérieux, 2019). Inkubasi dilakukan selama 24 jam pada suhu 37°C untuk melihat reaksi dari isolat terhadap medium dan juga reagen uji. Hasil dari uji API Staph didapatkan dua spesies, yaitu *S. aureus* dan *S. saprophyticus* (Tabel 1.) (Gambar 1.)

**Tabel 1.** Hasil Uji API Staph terhadap Isolat Terduga *Staphylococcus aureus*

Kode Isolat	Terduga	Hasil Uji API	% ID
S.7.2	<i>S. aureus</i>	<i>S. saprophyticus</i>	(61,8%)
S.2.1	<i>S. aureus</i>	<i>S. aureus</i>	(52,8%)
S.4.2	<i>S. aureus</i>	<i>S. aureus</i>	(97,7%)
S.9.2	<i>S. aureus</i>	<i>S. aureus</i>	(97,7%)
S.2.2	<i>S. aureus</i>	<i>S. saprophyticus</i>	(72,2%)

Isolat dengan kode S.7.2 yang diduga sebagai *S. aureus*, setelah dikonfirmasi menggunakan API Staph merupakan *S. saprophyticus* dengan persentase ID sebesar 61,8%. Isolat ini memberikan hasil positif pada uji glukosa, fruktosa, maltosa, laktosa, trehalosa, manitol, nitrat, VP, sakarosa, asetil glukosamin, arginin, dan urea (**Gambar 1.**) (Biomerieux, 2019).

Isolat dengan kode S.2.1 hasil uji API Staph sesuai dengan isolat terduga, yaitu *S. aureus* dengan persentase ID sebesar 52,8%. Isolat memberikan hasil positif pada uji glukosa, fruktosa, manosa, maltosa, trehalosa, manitol, alkalin fosfatase, VP, sakarosa, asetil glukosamin, dan urea (**Gambar 1.**) (Biomerieux, 2019).

Isolat S.4.2 dan S.9.2 yang diduga sebagai *S. aureus*, setelah dikonfirmasi menggunakan API Staph hasilnya sama yaitu, *S. aureus* dengan persentase ID sebesar 97,7%. Kedua isolat memberikan hasil positif pada uji glukosa, fruktosa, manosa, maltosa, laktosa, trehalosa, manitol, nitrat, alkalin fosfatase, VP, sakarosa, asetil glukosamin, arginin, dan urea (**Gambar 1.**) (Biomerieux, 2019).



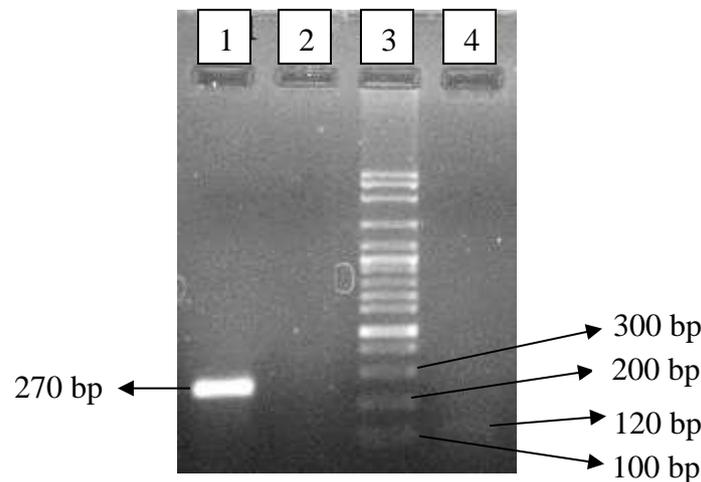
**Gambar 1.** Hasil Uji API terhadap Isolat Terduga *Staphylococcus*

Isolat dengan kode sampel S.2.2 yang diduga sebagai *S. aureus*, setelah dikonfirmasi menggunakan API Staph merupakan *S. saprophyticus* dengan persentase ID sebesar 72,2%. Isolat memberikan hasil positif pada uji glukosa, fruktosa, maltosa, trehalosa, manitol, VP, sakarosa, asetil glukosamin, dan urea (**Gambar 1.**) (Biomerieux, 2019). Perbedaan sifat biokimia antara *S. aureus* dan *S. saprophyticus* hanya terletak pada uji fermentasi manosa dan reduksi nitrat.

## Uji Moluker

Uji molekuler dilakukan terhadap isolat terduga *Staphylococcus aureus* karena merupakan salah satu bakteri patogen yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Bakteri tersebut dapat menghasilkan senyawa enterotoksin yang dikode oleh gen *Staphylococcal enterotoxin* (SE). Toksin ini berperan dalam kasus infeksi pada manusia dan hewan, serta dalam jumlah tertentu dapat menyebabkan keracunan makanan (Ahmed dan Mashat, 2014). Bakteri *S. aureus* juga memiliki gen nuklease, yaitu *nuc* yang berperan sebagai penanda dan bersifat tahan panas, sehingga enzim tersebut dapat bertahan dalam kondisi suhu tinggi (Hoegh *et al.*, 2014).

Pada hasil isolasi DNA dan PCR (Gambar 2.), ditemukan tidak adanya gen *nuc* pada isolat terduga *S. aureus*. Hal ini dapat kita bandingkan dengan uji konfirmasi API yang memiliki presentase ID 52,8%, memungkinkan bahwa isolat terduga *S. aureus* merupakan jenis *Staphylococcus* lain yang memiliki kemiripan karakteristik biokimia, seperti *Staphylococcus warneri* (Bergey, 2005). Hasil yang didapatkan, adanya gen *sea* yang menandakan bahwa isolat tersebut adalah isolat *Staphylococcus* yang dapat menghasilkan enterotoksin A. Tipe A umumnya diketahui menyebabkan keracunan makanan (Christian, 2013).

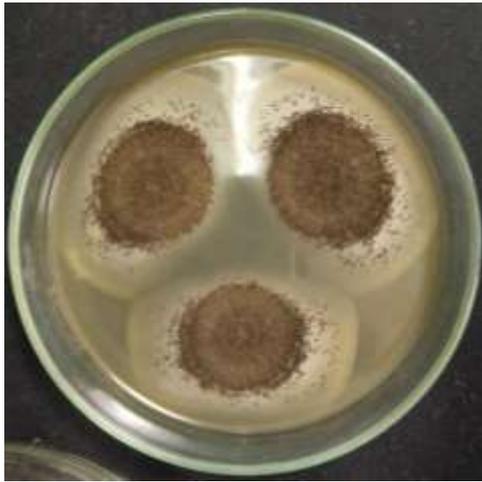


**Gambar 2 . Hasil PCR Deteksi Gen *nuc* dan *sea* Isolat Terduga *Staphylococcus aureus* S.2.1**

Keterangan: 1. Isolat Pembanding (gen *nuc* 270 bp); 2. Isolat Uji Gen *nuc*; 3. *Marker* (DNA 100 bp *Ladder*); 4. Isolat Uji Gen *sea* (120 bp).

## Identifikasi Jamur Kontaminan pada Produk Roti

Jamur diidentifikasi pada medium MEA yang secara makromorfologi akan dilihat bentuk, ukuran, dan warna koloni. Berdasarkan Gambar 3., secara morfologi jamur yang tumbuh memiliki spora hitam, diameter koloni sekitar 2,5 cm berwarna hitam dengan sedikit lingkaran putih melingkari bagian tengah koloni. Dari morfologi tersebut dapat diduga merupakan *Aspergillus niger* (Navi *et al.*, 1999).



Gambar 3. Koloni *Aspergillus niger* pada Medium MEA      Gambar 4. *Aspergillus niger* dibawah Mikroskop (400x)

Mikromorfologi dilakukan dengan menggunakan mikroskop untuk melihat bentuk sel dan spora, yang sebelumnya ditumbuhkan dengan metode *slide culture* pada medium MEA. Berdasarkan Gambar 4., secara morfologi adanya konidia yang bulat dan halus, sterigmata yang cukup panjang mengelilingi vesikula, konidiofor yang cukup panjang dan bertekstur kasar, serta memiliki hifa yang bersepta dan memperkuat dugaan bahwa jamur tersebut merupakan jamur *Aspergillus niger* (Silva *et al.*, 2011).

### Pembahasan

*Staphylococcus aureus* adalah bakteri yang ada pada kulit manusia dan juga hewan, namun pada jumlah tertentu, bakteri ini dapat membentuk senyawa toksik yang dapat menyebabkan penyakit (Siegrist, 2011). *S. aureus* cukup berbahaya karena bakteri tersebut memiliki gen *nuc* yang tahan terhadap suhu tinggi, dapat masuk ke dalam tubuh manusia dan menginfeksi, serta menghasilkan enterotoksin. Enterotoksin *Staphylococcus* adalah racun yang tahan panas yang diproduksi oleh bakteri *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan hasil uji molekuler didapatkan gen *sea* yang mengindikasikan bahwa isolat *Staphylococcus* dapat menghasilkan enterotoksin A. Enterotoksin tipe A, secara umum diketahui menyebabkan keracunan makanan (Christian, 2013).

Produk roti yang dibeli di toko kecil sudah memiliki tanggal batas waktu berlaku produk atau tanggal kadaluwarsa. Sedangkan, sebagian besar produk roti yang dibeli di pasar dan kantin sekolah tidak memiliki tanggal kadaluwarsa. Jamur mengalami pertumbuhan setelah 5 - 7 hari pengambilan sampel. Beberapa sampel roti berjamur setelah melewati tanggal kadaluwarsa. Namun, ada juga sampel roti yang sebelum tanggal kadaluwarsa sudah berjamur. Kontaminasi jamur dapat terjadi dalam lingkungan tempat kerja yang biasanya disebabkan oleh spora jamur, dapat disebarkan saat produk roti sementara pada proses pendinginan, pengemasan, ataupun distribusi (Saranraj dan Geetha, 2012). Jamur kontaminan yang tumbuh adalah *Aspergillus niger* (**Gambar 3.**) yang dapat menghasilkan fumonisin B2 dan bersifat karsinogenik atau dapat menyebabkan kanker (Susca *et al.*, 2010).

Produk roti yang memiliki cemaran mikroorganisme pada penelitian ini cukup berisiko karena dari hasil perhitungan jumlah koloni, jumlah bakteri *Staphylococcus* sp. melebihi batas maksimum yang ditetapkan yaitu  $1 \times 10^2$  koloni per gram sampel (BSN, 2009). Sehingga, bakteri ini dapat menghasilkan enterotoksin yang dapat menyebabkan keracunan secara langsung pada konsumen.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ditemukan cemaran mikroorganisme bakteri *Staphylococcus aureus* dan jamur *Aspergillus niger*. Jumlah bakteri *Staphylococcus* sp. pada sampel roti berkisar antara  $1,7 \times 10^7$  -  $22 \times 10^7$  CFU per gram sampel, sedangkan batas maksimum bakteri pada produk roti yang diizinkan oleh Badan Standardisasi Nasional adalah  $1 \times 10^2$  koloni per gram (BSN, 2009). Kedua kontaminan ini masing-masing dapat menghasilkan toksin yang mempengaruhi kesehatan konsumen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, S. S., Ghozali, T. Z., & Efendi, M. R. S. (2023). Identifikasi Bakteri dari Telapak Tangan dengan Pewarnaan Gram Identification of Bacteria from Palms with Gram Stain. *Jurnal Kimia Dan Ilmu Lingkungan*, 1(1), 30–35.
- Ahmed, O. B., Mashat, B. H. (2014). Prevalence of Classical Enterotoxin Genes in *Staphylococcus aureus* Isolated from Food Handlers in Makkah City Kitchens. *Asian Journal of Science and Technology* 5, 727-731.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2009). SNI 7388, Batas Maksimum Cemaran Mikrobial dalam Pangan. Jakarta.
- Biomérieux. (2019). API Staph Identification system for staphylococci, micrococci, and related genera. *African J Biomed Res.* 2019;1. [www.biomerieux.com/techlib](http://www.biomerieux.com/techlib). (Di akses pada tanggal 08 Agustus 2024, Pukul 14.30)
- Capita R., Calleja, C. A., Moreno, B., Fernandez, M. C. G. (2001). Assessment of Baird-Parker Agar as Screening Test for Determination of *Staphylococcus aureus* in Poultry Meat. *The Journal of Microbiology* 39, 4.
- Christian M. D. (2019). Triage. *Critical care clinics*, 35(4), 575–589.
- Edwards, W. P. (2007). *The Science of Bakery Products*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge, UK.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011). *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.
- Fitriani, H., N. S. Hartati, dan E. Sudarmonowati. (2019). Evaluation of adaptation and production of three selected cassava (*manihot esculenta crantz*) in peat land area of central kalimantan. *Jurnal ILMU DASAR*. 20(2):75.
- Garcia, M.V, Bernardi, A. O., & Copetti, M. V. (2019). The fungal problem in bread production: insights of causes, consequences, and control methods. *Current Opinion in Food Science*, 29(1): 1–6.
- Hoegh, S. V., Skov, M. N., Boye, K., Worning, P., Jensen, T. G., Kemp, M. (2014). Variation in the *Staphylococcus aureus*-specific *nuc* Gene Can Potentially Lead to Misidentification of Meticillin-Susceptible and -Resistant *S. aureus*. *Journal of Medical Microbiology* 63, 1020-1022.
- Kourkouta, L., Koukourikos, K., Iliadis, C., Ouzounakis, P., Monios, A., Tsaloglidou, A. (2017). Bread and Health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(11).
- Marin, S., Ramos, A., Cano-Sancho, G., & Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 218–237.
- Navi, S. S., Bandyopadhyay, R., Hall, A. J., Bramel-Cox, P. J. (1999). *A Pictorial Guide for the Identification of Mold Fungi on Sorghum Grain*. International Crops Research Institute, India.
- Nayak, R., & Jespersen, L. (2022). Development of a framework to capture the maturity of food safety regulatory and enforcement agencies: Insights from a Delphi study. *Food Control*, 142, Article 109220.
- Siegrist, J. (2011). *Microbiology Focus: Staphylococcus aureus in the Focus 3.4*. Sigma-Aldrich Co., United States.

- Silva, D. M., Batista, L. R., Rezende, E. F., Fungaro, M. H. P., Sartori, D., Alves, E. (2011). Identification of Fungi of the Genus *Aspergillus* Section *nigri* Using Polyhasic Taxonomy. *Brazilian Journal of Microbiology* 42, 761-773.
- Susca, A., Proctor, R. H., Mule, G., Stea, G., Ritieni, A., Logrieco, A., Moretti, A. (2010). Correlation of Mycotoxin Fumonisin B<sub>2</sub> Production and Presence of the Fumonisin Biosynthetic Gene *fum8* in *Aspergillus niger* from Grape. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 9266-9272.
- Syaifuddin. (2017). Identifikasi Jamur *Aspergillus* sp. Pada Roti Tawar Berdasarkan Masa Sebelum dan Sesudah Kadaluarsa. Karya Tulis Ilmiah. STIKES Insan Cendekia Medika. <https://repo.stikesicme-jbg.ac.id> (Di akses pada tanggal 02 Agustus 2024, Pukul 20.00).



**This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.**