



Perbedaan Laju Pertumbuhan Fungi Kontaminan pada Produk Roti Tawar yang disimpan dengan Cahaya Lampu dan Tanpa Cahaya Lampu di Kota Lhokseumawe

Rizka Sofia¹, Juwita Sahputri², Muhammad Althaf^{3*}

^{1,2}Departemen Ilmu Kedokteran Tropis, Fakultas Kedokteran, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, 24355, Indonesia

³Mahasiswa Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, 24355, Indonesia

*Corresponding Author : muhammad.2206111008@mhs.unimal.ac.id

Abstrak

Tingkat konsumsi roti tawar dan produk roti lainnya terus meningkat. Tepung terigu sebagai bahan dasar dari roti tawar mengandung pati dalam jumlah yang relatif tinggi dan dapat dihidrolisis oleh mikroorganisme seperti fungi sebagai sumber nutrisi dalam suatu proses pembusukan roti. Kerusakan roti dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk suhu, kelembaban, oksigen, cahaya, dan pengemasan yang tidak tepat. Roti akan mudah rusak karena terkontaminasi fungi jika metode penyimpanan tidak dilakukan dengan benar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan laju pertumbuhan fungi pada roti tawar yang disimpan dengan dan tanpa cahaya putih di Kota Lhokseumawe. Sebanyak 44 lembar roti tawar dibagi menjadi dua kelompok sampel, yaitu kelompok eksperimen (disinari dengan lampu LED putih 15 watt) dan kelompok kontrol. Luas area koloni dari fungi di setiap sampel diukur selama 14 hari dan kemudian dilakukan analisis statistik menggunakan uji t berpasangan. Hasil menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara peningkatan luas koloni fungi pada kedua kelompok sehingga didapatkan kesimpulan bahwa penyimpanan roti tawar menggunakan cahaya putih tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju pertumbuhan fungi pada roti tawar.

Kata Kunci : Roti tawar, fungi, suhu, cahaya

Abstract

The consumption rate of white bread and other bread products continues to increase. Wheat flour as the basic ingredient of white bread contains relatively high amounts of starch and can be hydrolyzed by microorganisms such as fungi as its source of nutrition in the process of bread spoilage. Bread spoilage can be caused by various factors, including temperature, humidity, oxygen, light, and improper packaging. Bread can be damaged due to fungal contamination if the storage method is improper. This study aims to determine whether there is a difference in the fungal growth rate on white bread stored with and without white light in Lhokseumawe City. A total of 44 slices of white bread were divided into two sample groups, the experimental group (irradiated with 15 watt white LED) and the control group. The area of the fungal colony in each sample was measured for 14 days and analyzed statistically using paired t-test. The results showed no significant difference between the increase in the fungal colonies area in the two groups, so it was concluded that storing white bread using white light did not have a significant effect on the fungal growth rate on it.

Keywords : White bread, fungi, temperature, light

Pendahuluan

Tingkat konsumsi roti tawar dan produk roti lainnya terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk global (1). Tercatat pada tahun 2014 rerata konsumsi roti



tawar per kapita di Indonesia sebesar 3.244 (bungkus kecil) per tahun dan pada tahun 2018 meningkat menjadi 19.085 (bungkus kecil) per tahun. Sementara itu, tingkat konsumsi roti manis atau produk roti lainnya yang pada tahun 2014 sebesar 25.792 ons meningkat pada tahun 2018 menjadi 58.498 ons (2). Tingkat konsumsi roti tawar di Indonesia mencapai peningkatan tertinggi di antara produk pangan lainnya dengan persentase kenaikan sekitar 500% hanya dalam waktu 5 tahun (2014-2018) (3).

Data mengenai tingkat konsumsi roti di Provinsi Aceh, termasuk Kota Lhokseumawe masih sangat sedikit, namun data statistik menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada rerata konsumsi tepung terigu yang merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan roti, khususnya roti tawar. Rerata konsumsi tepung terigu per kapita di Aceh yang pada tahun 2013 berkisar 6,6 kg per tahun meningkat menjadi 15 kg per tahun pada tahun 2018 (4).

Tepung terigu sebagai bahan dasar pembuatan roti tawar mengandung pati dalam jumlah yang relatif tinggi. Pati ini dapat dihidrolisis menjadi gula sederhana oleh mikroorganisme seperti fungi sebagai sumber nutrisi. Fungi memegang peranan penting dalam proses pembusukan roti. Beberapa jenis fungi yang sering ditemukan dalam pembusukan roti adalah *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium sp*, *Mucor sp*, *Geotrichum sp*, dan *Aspergillus sp* (5). Kontaminasi fungi pada roti dapat terjadi melalui tangan pekerja yang tidak steril, melalui udara di sekitar area pemanggangan setelah proses pemanggangan, atau oleh berbagai faktor lain seperti suhu, kelembaban, oksigen, cahaya, dan pengemasan yang tidak tepat (6).

Beberapa jenis fungi dapat menghasilkan senyawa toksik yang disebut mikotoksin. Mikotoksin adalah produk sampingan beracun yang dihasilkan oleh berbagai fungi berfilamen (kapang). Kelompok fungi yang paling umum yang dapat menghasilkan mikotoksin adalah genus *Fusarium*, *Aspergillus*, dan *Penicillium* (7). Efek dari beberapa mikotoksin dapat bersifat akut dan disertai dengan gejala yang parah. Ada juga beberapa jenis mikotoksin lain yang berhubungan dengan efek jangka panjang, termasuk kanker dan defisiensi imun. Sekitar belasan dari beberapa ratus mikotoksin yang teridentifikasi hingga saat ini telah mendapat perhatian besar karena keberadaannya dalam makanan dan dampak buruknya terhadap kesehatan (8). Saluran pencernaan sangat terpengaruh oleh mikotoksin ketika seseorang mengonsumsi makanan yang terkontaminasi. Beberapa mikotoksin dapat mengubah fungsi usus normal, seperti fungsi sebagai *barrier* dan tempat penyerapan nutrisi (9). Anak-anak adalah yang paling rentan terhadap efek mikotoksin karena sensitivitas mereka yang lebih tinggi terhadap efek imunologis, neurologis, dan endokrin, serta paparan

yang lebih besar secara jika mempertimbangkan massa tubuh (10).

Sebagian besar fungi juga menghasilkan spora yang dapat memicu reaksi alergi pada manusia dengan gejala seperti batuk, pilek, nyeri telinga dan/atau kepala, mengi, dll (11). Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memperhatikan setiap aspek yang dapat memicu pertumbuhan fungi pada suatu produk makanan.

Sejumlah penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fungi pada roti tawar telah dilakukan (12). Salah satunya adalah penelitian yang membahas tentang pengaruh suhu dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan fungi (13). Namun, publikasi terkini yang secara khusus mengulas tentang pengaruh cahaya putih terhadap pertumbuhan fungi pada roti tawar masih relatif sulit didapat. Penelitian ini bertujuan untuk melihat apakah terdapat perbedaan laju pertumbuhan fungi pada roti tawar yang disimpan dengan dan tanpa cahaya putih di Kota Lhokseumawe.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran, Universitas Malikussaleh pada bulan Maret 2022. Sumber data pada penelitian ini dikumpulkan melalui pengukuran langsung pada saat observasi terhadap 22 jenis produk roti tawar yang telah mendapatkan sertifikat SPP-IRT dari Dinas Kesehatan setempat di Kota Lhokseumawe.

Dua potong roti tawar dengan merek yang sama diambil dari setiap kemasan. Setiap potong roti ditetesi dengan 4 ml air menggunakan pipet tetes secara perlahan dan merata pada satu bagian permukaan sebelum dikemas ulang dengan plastik *oriented polypropylene* dan diberi label berdasarkan mereknya masing-masing. Hal ini dilakukan untuk menciptakan lingkungan yang lebih lembab sehingga pertumbuhan fungi dapat dipercepat. Sebanyak 44 potong roti tawar kemudian dibagi menjadi dua kelompok sampel, kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Dua potong roti tawar dari merek yang sama ditempatkan di dalam ruang tertutup yang berbeda sesuai kelompoknya. Selama 14 hari berikutnya, sampel pada kelompok eksperimen diberikan penyinaran menggunakan lampu LED putih berdaya 15 watt yang dipasang pada langit-langit ruangan tersebut dengan jarak sekitar 30 cm dari alasnya selama 24 jam setiap hari, sedangkan sampel pada kelompok kontrol tidak mendapat intervensi apa pun. Sampel dari kedua kelompok hanya diambil ketika akan dilakukan pengukuran dengan durasi kurang dari 5 menit. Luas koloni fungi diukur setiap 24 jam dengan meletakkan lembar transparan berkisi (ukuran 1,75 x 1,65 mm²) pada permukaan

sampel tanpa mengeluarkan sampel dari kemasannya. Suhu di kedua ruangan juga diukur setiap hari dalam derajat Celsius. Laju pertumbuhan fungi pada setiap sampel diukur dengan menghitung selisih rata-rata antara luas koloni fungi yang diperoleh pada saat pengukuran dan hari sebelumnya (mm^2/hari).

Untuk meningkatkan nilai kepercayaan, penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali pada waktu yang sama sehingga jumlah sampel, ruangan dan pengaturannya, serta semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini juga adalah tiga kalinya. Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak JASP 0.16.1. Distribusi dari seluruh variabel menggunakan Uji *Shapiro-Wilk* telah memenuhi nilai normalitas sehingga data dari seluruh variabel yang diteliti disajikan dalam bentuk nilai rata-rata, nilai minimum dan maksimum, serta nilai simpangan baku pada kedua kelompok. Adapun uji hipotesis menggunakan uji-t berpasangan.

Hasil Penelitian

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Ditemukan adanya variasi data dari laju pertumbuhan fungi pada roti tawar di setiap sampel. Namun, sampel dari merek yang sama selalu menunjukkan pertumbuhan yang khas pola dan serupa dengan karakteristik pertumbuhan telah disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Nilai Rerata dan Standar Deviasi beserta Nilai Minimum dan Maksimum dari Pertumbuhan Fungi pada Roti Tawar

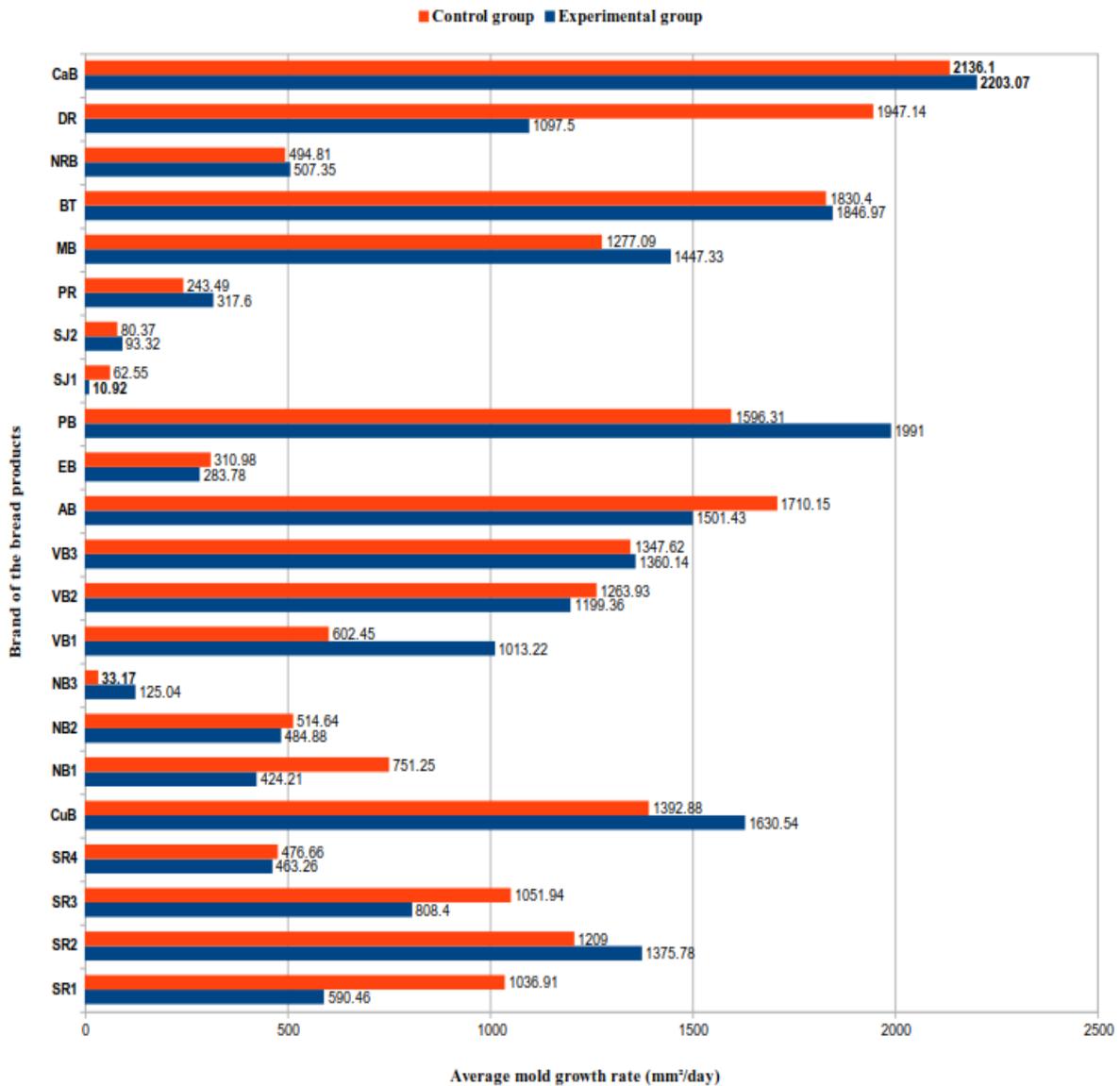
	<u>Rata-Rata</u>	<u>Standar Deviasi</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maksimum</u>
Kelompok Eksperimen	944.389	659.212	10.920	2203.700
Kelompok Kontrol	971.393	650.276	33.170	2136.100

Tabel 2. Analisis Komparatif Pertumbuhan Fungi pada Roti Tawar di Kedua Kelompok

	<u>Uji</u>	<u>t</u>	<u>df</u>	<u>p</u>
Kelompok Ekperimen- Kelompok Kontrol	<i>Paired t-test</i>	-0.462	21	0.649

Keterangan : *t* – *t-test statistics*; *df* – *degrees of freedom*; *p* – *probability value*
 Tidak ada perbedaan statistik yang signifikan jika nilai $p > 0,05$

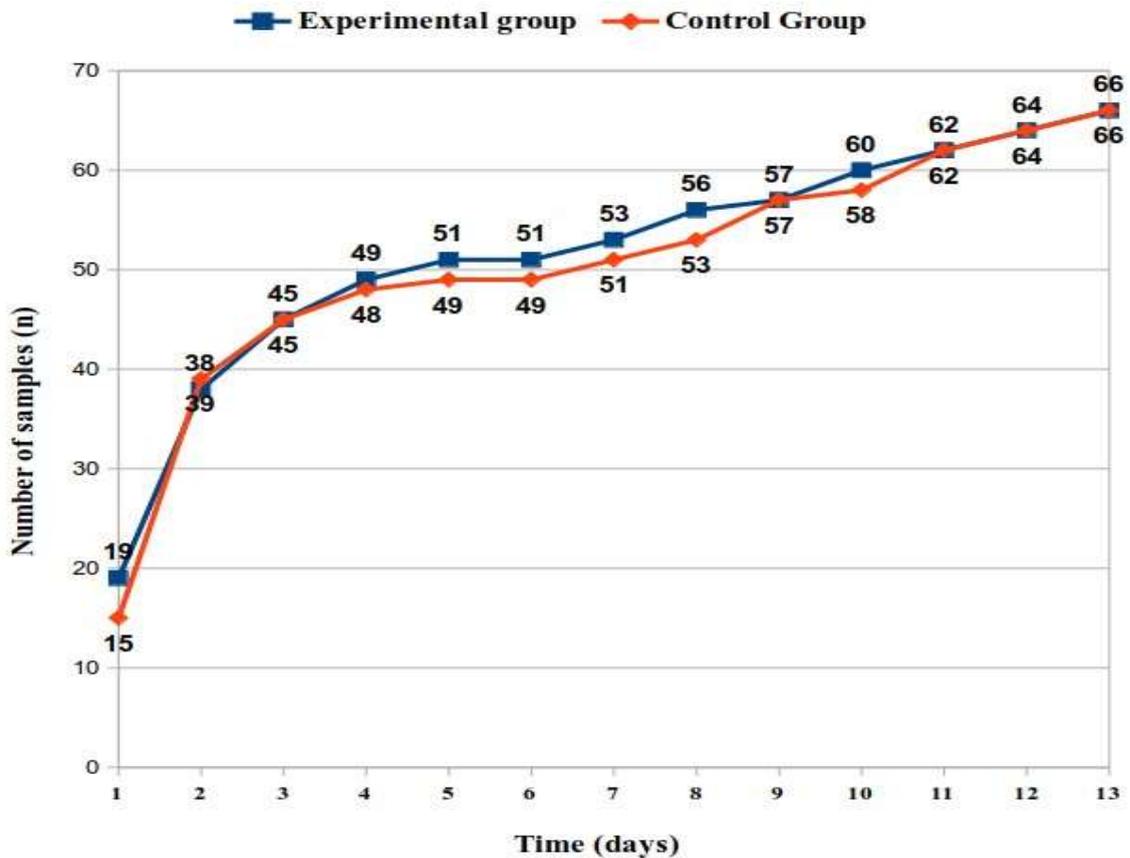
**Perbedaan Laju Pertumbuhan
(Rizka Sofia, Juwita Sahputri, Muhammad Althaf)
GALENICAL Volume 4 Nomor 1. Bulan Februari, Tahun 2025. Hal : 1-14**



Gambar 1. Rerata Kecepatan Pertumbuhan Fungi pada Roti Tawar di Setiap Sampel

Data yang diperoleh dari sampel kelompok eksperimen menunjukkan bahwa dari total 22 variasi roti tawar (n=3), terdapat 12 variasi (54,55%) yang menunjukkan laju pertumbuhan fungi yang lebih tinggi dibandingkan dengan data sampel pada kelompok kontrol, sedangkan sisanya sebanyak 10 variasi (45,45%) menunjukkan hasil yang sebaliknya.

Hal serupa juga ditemukan jika kita melihat pada seberapa awal sampel dimulai ke ditumbuhi oleh fungi. Sebanyak 19 sampel (28,79%) dari kelompok eksperimen dan 15 sampel (22,73%) dari kelompok kontrol telah ditumbuhi fungi sejak hari pertama pengukuran. Hanya 1 sampel (1,51%) dari kelompok eksperimen dan 2 sampel (3,03%) dari kelompok kontrol yang baru mulai ditumbuhi fungi pada hari ke-13 pengukuran, hari di mana koloni fungi sudah terlihat di semua sampel.



Gambar 2. Jumlah Sampel Roti Tawar yang Terkontaminasi Fungi per Hari

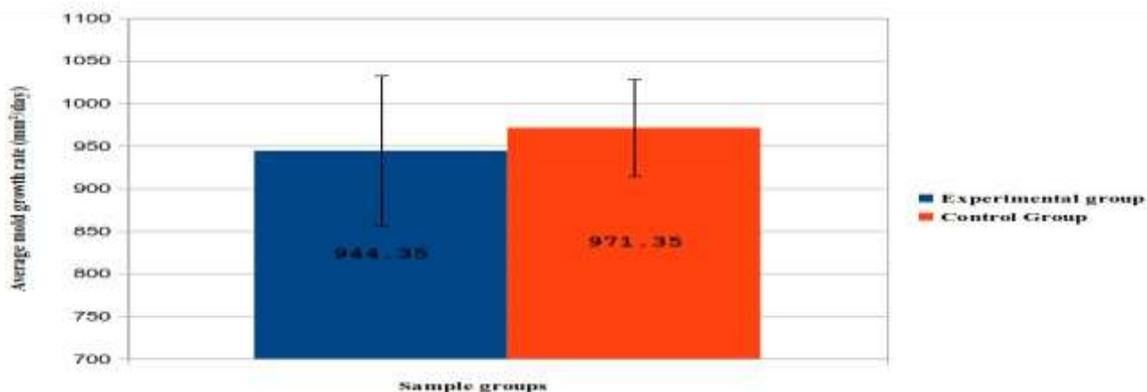
Gambar 2 menunjukkan bahwa jumlah sampel yang ditumbuhi fungi pada kelompok eksperimen selalu lebih besar atau sama dengan kelompok kontrol, kecuali pada hari ke-2. Hal ini berarti bahwa secara keseluruhan, penyimpanan dari sampel roti tawar menggunakan cahaya putih lebih cenderung untuk terlebih dahulu terhadap ditumbuhi oleh fungi.

Terdapat pula perbedaan yang relatif besar dalam tingkat pertumbuhan fungi antara beberapa sampel dari merek dan kelompok yang sama tetapi dengan variasi yang berbeda. Hal ini bisa disebabkan oleh perbedaan komposisi dari zat di setiap variasi sampel tersebut. Ada tidaknya kulit pada sampel roti tawar dan warna kemasan yang berbeda di setiap sampel juga dapat memengaruhi laju pertumbuhan dari fungi. Terdapat 4 merek dari sampel penelitian yang terdiri dari beberapa variasi dan hanya 1 di antaranya yang mempunyai informasi rinci mengenai komposisi zat yang terkandung di dalamnya sehingga dapat dibandingkan satu sama lain.

Tabel 3. Variasi di dalam Beberapa Sampel Roti Tawar dengan Merek yang Sama

No.	Variasi	Perbedaan Komposisi Zat	Kulit Roti	Warna Dominan pada Kemasan
1	SR1	<i>Butylated hydroxyanisole</i> , susu bubuk, dan pengemulsi nabati	Ada	Biru gelap
	SR2	<i>Butylated hydroxyanisole</i> , kalsium laktat, susu skim bubuk, dan pengemulsi nabati	Tidak ada	Kuning
	SR3	Askorbil palmitat, tokoferol campuran pekat, <i>high-fructose syrup</i> , susu lemak nabati (0,559%), perisa sintetik susu, pengemulsi, penstabil, dan kadar gluten yang lebih tinggi	Ada	Krem
	SR4	Tokoferol, mentega tawar, susu lemak nabati (3,57%), telur (2,04%), margarin oles, pewarna makanan beta karoten CI 75130, perisa sintetik mentega, premiks vitamin dan mineral, dan kadar garam yang lebih rendah	Ada	Biru terang
2	NB1	-	Ada	Kuning dan cokelat
	NB2	-	Ada	(Bening)
	NB3	-	Tidak ada	(Bening)
3	VB1	-	Ada	(Bening)
	VB2	-	Tidak ada	Merah
	VB3	-	Tidak ada	Merah dan hijau
4	SJ1	-	Tidak ada	(Bening)
	SJ2	-	Ada	(Bening)

Untuk mengetahui normal tidaknya distribusi suatu data, dapat dilakukan uji *Kolmogorov-Smirnov* jika jumlah sampel lebih dari 50 dan Uji *Shapiro-Wilk* jika jumlah sampel kurang dari 50 (seperti pada penelitian ini). Hasil uji normalitas terkait rerata laju pertumbuhan fungi pada roti tawar menunjukkan nilai $p > 0,05$ pada kedua kelompok sampel (data berdistribusi normal) sehingga analisis data dilakukan dengan uji t berpasangan. Berdasarkan hasil uji hipotesis diperoleh nilai probabilitas sebesar 0,649 ($p > 0,05$) seperti yang terlihat pada Tabel 2. Secara statistik, tidak terdapat perbedaan yang signifikan laju pertumbuhan kapang roti tawar pada kedua kelompok.



Gambar 3. Rerata Laju Pertumbuhan Fungi pada Roti Tawar di Setiap Kelompok Sampel

Penelitian ini dilakukan sebanyak 3 kali pada waktu yang sama sehingga setiap kelompok sampel terdiri dari 3 ruangan terpisah. Gambar 3 menunjukkan adanya tumpang tindih antara bilah kesalahan standar deviasi pada seri data kelompok eksperimen dan kontrol dari 3 ruangan tersebut (memperkuat hasil analisis sebelumnya).

Mengingat bahwa sumber cahaya buatan seperti lampu dapat menghasilkan panas, perubahan suhu juga dianalisis secara terpisah untuk kelompok eksperimen dan kontrol. Suhu di setiap ruangan diukur setiap hari. Suhu rata-rata dari 3 ruangan dari kelompok sampel yang sama digunakan sebagai nilai data akhir. Rerata suhu yang dihasilkan pada kelompok eksperimen sejak hari ke-1 hingga hari terakhir pengamatan selalu lebih tinggi daripada kelompok kontrol dengan perbedaan rata-rata 0,67 °C. Secara keseluruhan, tidak didapatkan adanya perubahan signifikan atau perbedaan yang relatif besar dalam suhu ruangan antara kedua kelompok sampel.

Pembahasan

Kavkova (2019) menyatakan dalam ulasannya bahwa meskipun spora fungi kontaminan telah menghilang selama proses pemanggangan, kontaminasi dapat terjadi lagi selama proses pendinginan, pemotongan, pengemasan, dan penyimpanan roti. Selain itu, faktor kelembaban, suhu, cahaya, oksigen, kandungan pengawet, dan sistem pengemasan yang digunakan juga dapat memengaruhi daya tahan atau masa simpan serta karakteristik pertumbuhan fungi yang tumbuh pada suatu roti (14).

Pola pertumbuhan fungi yang diperoleh selama observasi tidaklah konstan. Perbedaan luas koloni fungi di setiap sampel pada hari pengukuran dan hari sebelumnya dapat meningkat atau menurun. Hal serupa juga ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Chng (2020) (15). Tidak diketahui secara pasti mengapa hal ini dapat terjadi. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa cahaya dapat memberikan pengaruh yang berbeda pada berbagai tahap pertumbuhan fungi. Secara umum, sampel dari kelompok eksperimen sedikit lebih baik dalam menginisiasi dan mempercepat pertumbuhan fungi. Hasil ini mungkin terkait dengan kelembaban udara relatif pada sampel yang ditetesi dengan air. Berdasarkan studi terkait yang dilakukan oleh Li et al. (2020), sampel tanah dengan tingkat kelembaban relatif yang lebih tinggi menunjukkan tingkat pertumbuhan fungi yang lebih tinggi pula pada kelompok sampel yang disimpan di bawah cahaya lampu (16).

Perbedaan komposisi zat dapat mempengaruhi pertumbuhan fungi. Penambahan zat penstabil dapat meningkatkan sifat fisikokimia dan mikroba dari beberapa produk makanan.

Peningkatan konsentrasi zat penstabil menurunkan kadar air tetapi meningkatkan total padatan, protein, lemak, abu, gula, tingkat pH, dan total keasaman yang dapat dititrasi dari makanan (17). Suatu penelitian yang dilakukan oleh Cheah et al. (2017) menunjukkan bahwa emulsifikasi tidak memberikan efek signifikan terhadap respons mikroba (18). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Li et al. dan Farina et al. mengenai efek antioksidan pada pertumbuhan fungi menunjukkan bahwa pada konsentrasi yang lebih tinggi, *butylated hydroxyanisole*, *ascorbyl palmitate*, dan *tocopherol* dapat menghambat pertumbuhan fungi *Fusarium proliferatum*. dan *Aspergillus flavus* yang merupakan spesies yang sering tumbuh pada roti (19,20).

Produk olahan susu secara umum tidak mudah rusak oleh fungi dibandingkan dengan produk lainnya (21). Data laju pertumbuhan fungi yang diperoleh pada sampel SR4 dan SR3 sesuai dengan hal tersebut. Sampel SR4 memiliki kandungan susu yang lebih tinggi dibandingkan SR3 sehingga laju pertumbuhan fungi pada SR4 lebih rendah.

Data pada sampel SR2 dan VB2/VB3 (roti tawar kupas) menunjukkan tingkat pertumbuhan fungi yang lebih tinggi dibandingkan dengan SR1 dan VB1 (roti tawar biasa). Temuan ini dapat disebabkan oleh fakta bahwa kulit roti memiliki nilai aktivitas air (*aw*) yang lebih rendah dibandingkan dengan remahnya (22). Pertumbuhan fungi didapatkan akan lebih baik dalam kondisi di mana nilai *aw* lebih dekat ke 1 (17).

Semua ulasan di atas masih belum dapat menjelaskan secara lengkap beberapa temuan yang diperoleh selama penelitian. Hal ini disebabkan oleh minimnya informasi dalam banyak aspek, termasuk apakah terdapat kemungkinan efek sinergis, aditif, atau antagonis antara komposisi bahan-bahan dalam suatu roti.

Selanjutnya peneliti menemukan adanya perbedaan laju pertumbuhan fungi yang relatif besar dari 2 sampel dengan merek, variasi, dan kelompok yang sama. Keadaan serupa juga ditemukan pada penelitian sebelumnya di mana bahkan semua sampel yang digunakan diambil dari merek dan variasi yang sama (15). Hal ini dapat disebabkan oleh penyebaran spora yang terjadi pada saat pengukuran di mana peneliti harus menyentuh kemasan setiap sampel sehingga pergeseran sampel di dalamnya sangat sulit untuk dihindari. Distribusi spora dari beragam jenis fungi juga berbeda di setiap toko roti (14).

Berdasarkan data yang didapat, sebagian besar sampel yang disimpan di bawah cahaya putih menunjukkan tingkat pertumbuhan fungi yang lebih tinggi. Namun, dari seberapa besar tingkat pertumbuhannya, sampel yang disimpan tanpa cahaya secara keseluruhan menunjukkan angka yang lebih tinggi dengan rerata perbedaan 27 mm²/hari. Hasil ini berbanding lurus dengan hasil yang diperoleh oleh Chng (2020) di mana 60% sampel yang

disimpan dengan pencahayaan lampu putih menunjukkan pertumbuhan fungi yang lebih pesat, sedangkan dari seberapa besar tingkat pertumbuhannya, sampel yang disimpan tanpa cahaya secara keseluruhan menunjukkan pertumbuhan fungi yang lebih pesat dengan rerata perbedaan 44,95 mm²/12 jam (15).

Warna kemasan juga dapat mempengaruhi laju pertumbuhan fungi pada roti, di mana Corrochano (2019) mengemukakan bahwa kontribusi beberapa fotoreseptor terhadap fotobiologi fungi cukup bervariasi pada tiap spesies fungi (23). Misalnya, penelitian sebelumnya yang mengulas sejumlah faktor yang dapat memengaruhi pertumbuhan fungi termasuk cahaya dari 5 spesies berbeda dari *Fusarium* menunjukkan bahwa pertumbuhan tertinggi setelah 4 hari inkubasi untuk semua sampel terjadi dalam kondisi tanpa cahaya (24). Namun, pada penelitian lainnya terhadap 15 fenotipe fungi *Botrytis cinerea*, hampir semua sampel yang disimpan di bawah cahaya putih menunjukkan laju pertumbuhan fungi yang lebih tinggi (25).

Cahaya dengan warna tertentu juga dapat menghambat atau mendorong pertumbuhan fungi. Sejumlah penelitian yang meninjau karakteristik pertumbuhan koloni fungi yang berbeda pada panjang gelombang cahaya yang berbeda menyatakan bahwa cahaya inframerah dan ultraviolet menyebabkan peningkatan laju dari reproduksi suatu fungi, sedangkan cahaya merah dan biru menunjukkan efek sebaliknya (15,26). Sementara itu, cahaya putih yang digunakan dalam penelitian ini merupakan gabungan dari berbagai warna pada spektrum cahaya. Meskipun mengandung beberapa warna cahaya yang dapat menghambat pertumbuhan fungi, cahaya putih juga mengandung warna cahaya lain yang dapat mendorong pertumbuhan fungi sehingga efek resultannya tidak dapat diprediksi dengan sederhana (15).

Adapun perbedaan nilai rerata suhu yang diperoleh pada kelompok eksperimen dan kontrol di tiga ruangan tidak sejalan dengan apa yang diperoleh oleh Chng (2020). Lampu LED sebagai salah satu bentuk cahaya buatan masih memancarkan panas yang dapat sedikit menghambat pertumbuhan fungi dengan menurunkan tingkat kelembapan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, inisiasi pertumbuhan fungi harus dibuktikan terlebih dahulu oleh sampel yang tidak menerima cahaya apa pun.

Kombinasi tertentu dari suhu dan kelembaban relatif dapat mempengaruhi pertumbuhan fungi, khususnya kapang. Namun, perubahan suhu yang signifikan tidak ditemukan dalam penelitian ini. Suhu di masing-masing ruangan baik pada kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol juga tidak menunjukkan perbedaan yang relatif besar sehingga belum dapat diketahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan fungi.

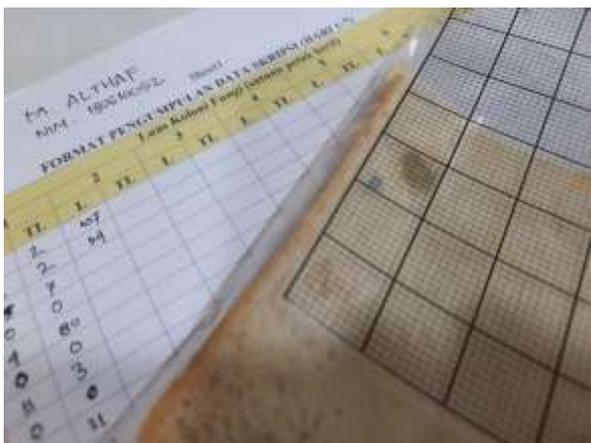
Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian ini harus ditafsirkan dengan hati-hati karena ada beberapa variabel eksternal yang bukan dikontrol dengan baik seperti ketebalan potongan roti, tanggal kadaluarsa roti, durasi setiap pengukuran, jenis spora fungi bawaan pada setiap toko roti, tingkat kelembaban lingkungan, dan penyebaran spora fungi yang terjadi selama pengukuran. Adapun hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penyimpanan roti tawar dengan menggunakan cahaya lampu putih adalah lebih baik dalam mendorong inisiasi pertumbuhan fungi serta tingkat pertumbuhan fungi yang lebih tinggi di sebagian besar variasi produk roti. Namun, dari segi seberapa besar tingkat pertumbuhan dari fungi pada roti tawar tersebut, sampel yang disimpan tanpa menggunakan cahaya menunjukkan angka yang lebih tinggi secara keseluruhan. Akhirnya, peneliti menyimpulkan bahwa penyimpanan di bawah cahaya putih tidak berpengaruh secara signifikan terhadap laju pertumbuhan fungi pada roti tawar.

Ucapan Terima Kasih

Karya tulis ini beserta penelitian yang melatarbelakanginya tidak akan mungkin terwujud tanpa dukungan luar biasa dari para *supervisor*, dr. Khairunnisa Z, M. Biomed dan Dr. rer. nat. dr. Maulana Ikhsan, M. Sc atas kritik yang bermanfaat terhadap karya penelitian ini. Saya juga ingin menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Rektor Universitas Malikussaleh dan Dekan Fakultas Kedokteran dalam hal persetujuan, serta memfasilitasi upaya dalam memperoleh data yang dibutuhkan. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada dr. Rizka Sofia, MKT dan dr. Juwita Sahputri, MKT selaku pembimbing saya atas kesabaran mereka dalam memberikan bimbingan kepada saya, kepada seluruh dosen, staf dan sivitas akademika Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh, serta kepada staf departemen kesehatan masyarakat setempat yang telah mengizinkan saya mengunjungi kantor mereka untuk mengumpulkan data awal dalam menentukan jumlah populasi. Akhir kata, saya juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua, saudara, dan semua teman saya atas dukungan dan dorongan selama saya belajar.

Lampiran



Daftar Pustaka

1. Eglite, A., & Kunkulberga, D. (2017). Pilihan roti dan tren konsumsi. 178.
2. Koespratiwi, AF, Rahayu, DK, & Widada, HD (2021). Analisis Strategi Mitigasi Risiko Pada Usaha Pembuatan Roti. *MATRIK*, 21(2), 111.
3. Komalasari, WB (2018). Statistik Konsumsi Pangan. Pusdatin Pertanian.
4. Hariyanto, B., Sugiati, Gantina, A., Widyapuri, D., & Wardhani, JW (2019). Direktori Perkembangan Konsumsi Pangan. Badan Ketahanan Pangan.
5. Khaira Mizana, D., Suharti, N., & Amir, A. (2016). identitas Pertumbuhan Jamur *Aspergillus Sp* pada Roti Tawar yang Dijual di Kota Padang Berdasarkan Suhu dan Lama Penyimpanan. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 5(2).
6. Lestari, AD, Elfrida, & Indriyati. (2019). identifikasi Jamur pada Roti yang Dijual di Kota Langsa Berdasarkan Lama Penyimpanan. *Jurnal Jeumpa*, 6(2).
7. Greeff-Laubscher, MR, Beukes, I., Marais, GJ, & Jacobs, K. (2020). Produksi mikotoksin oleh tiga genus jamur toksigenik berbeda pada pakan abalon yang diformulasikan dan pengaruh lingkungan akuatik terhadap fumonisin. *Mikologi*, 11(2), 105–117.
8. *World Health Organization*. (2018). Mikotoksin.
9. Liew, W.-P.-P., & Mohd- Redzwan, S. (2018). Mikotoksin: Dampaknya terhadap Kesehatan Usus dan Mikrobiota. *Batasan dalam Mikrobiologi Seluler dan Infeksi*, 8.
10. Awuchi, CG, Ondari, EN, Ogbonna, CU, Upadhyay, AK, Baran, K., Okpala, COR, Korzeniowska, M., & Guiné, RPF (2021). Mikotoksin yang Mempengaruhi Hewan, Makanan, Manusia, dan Tumbuhan: Jenis, Kejadian, Toksisitas, Mekanisme Aksi, Strategi Pencegahan, dan Detoksifikasi—Tinjauan Ulang. *Foods*, 10(6), 1279.
11. Unal, C. A., Kilik, SAYA. H., & Cakmak, B. (2021). Ekstraksi dan Pemurnian itu Protein Alergen Potensial dari *Aspergillus Fumigatus*. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM)*, 12, 119–122.
12. Kazemian, N., Pakpour, S., Milani, A. S., & Klironomos, J. (2019). Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan jamur pada papan gipsium dan kerusakan strukturalnya: Studi kasus di kampus universitas. *PLoS ONE*, 14(8), e0220556.
13. Amelia, F., Ferdinand, J., Maria, K., Geren Waluyan, M., & Juwita Sari, SAYA. (2017) halaman 11. Pengaruh Suhu dan Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram di Tangerang. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(1), 1–6.
14. Kavková, M. (2019). Perlindungan Roti Kemasan terhadap Kontaminan Jamur. *Jurnal Internasional Ilmu Gizi dan Pangan*, 9(2), 555759.
15. Chng, YC (2020). Investigasi Pertumbuhan Jamur di Bawah Paparan Cahaya dengan Panjang Gelombang Berbeda.
16. Li, Y., Zhang, W., Wu, R., Dang, X., & Hoko, S. (2020). Kelembaban Udara Relatif Tinggi dan Mode Pencahayaan Mengatur Pertumbuhan Jamur pada Permukaan Reruntuhan Tanah yang Lembap di Daerah dengan Kelembaban Tinggi. *E3S Web of Conferences*, 172, 23010.
17. Eze, CM, Aremu, KO, Alamu, EO, & Okonkwo, TM (2021). Dampak jenis dan tingkat penstabil serta periode fermentasi terhadap sifat gizi, mikrobiologi, dan sensori yogurt short-set. *Ilmu Pangan & Gizi*, 9(10), 5477–5492.

18. Cheah, Y., Loh, T., Akit, H., & Kimkool, S. (2017). Pengaruh Emulsifier Sintetis dan Biosurfaktan Alami terhadap Proses Pakan dan Kualitas Pakan Pelet dalam Pakan Ayam Pedaging. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 19(khusus), 23–34.
19. Li, T., Jian, Q., Chen, F., Wang, Y., Gong, L., Duan, X., Yang, B., & Jiang, Y. (2016) halaman 11. Pengaruh Butylated Hydroxyanisole terhadap Pertumbuhan, Morfologi Hifa, dan Biosintesis Fumonisin pada *Fusarium proliferatum*. *Frontiers in Microbiology*, 7.
20. Farina, C. D. H., Jing, R. B., & G., TF (2014) halaman 11. Efek dari Vitamin A, C Dan Bahasa Inggris pada Pertumbuhan dan Morfologi Kolonial *Aspergillus flavus*. *Jurnal Riset Internasional Ilmu Biologi*, 3(10), 52–59.
21. Garnier, L., Valensi, F., & Gunung, J. (2017) halaman 11. Keberagaman Dan Pengendalian Jamur Pembusuk dalam Produk Susu: Pembaruan. *Mikroorganisme*, 5(3), 42.
22. Chen, Y., Gavaliatsis, T., Kuster, S., Kota Städeli, C., nelayan, P., & Angin, Bahasa Indonesia: E. J. (2021). Kerak Perawatan ke mengurangi roti basi. Saat ini Riset di dalam Makanan Sains, 4, 182–190.
23. Corrochano, LM (2019). Cahaya dalam Dunia Jamur: Dari Fotoresepsi hingga Transkripsi Gen dan Selanjutnya. *Tinjauan Tahunan Genetika*, 53(1), 149–170.
24. Mohsen, L., Al-Janabi, JK A., & Jebor, MA (2016). Efek dari beberapa kondisi lingkungan terhadap pertumbuhan dan aktivitas enzim eksternal untuk lima sp. *Fusarium*. *Jurnal Universitas Babylon*, 24(3), 630–646.
25. Meng, L., Mestdagh, H., Ameye, M., Audenaert, K., Höfte, M., & Van Labeke, M.-C. (2020). Variasi Fenotipik Isolat *Botrytis cinerea* Dipengaruhi oleh Kualitas Spektral Cahaya. *Perbatasan dalam Ilmu Tanaman*, 11.
26. Rodríguez-Pires, S., Espeso, EA, Rasiukevičiūtė, N., Melgarejo, P., & De Cal, A. (2021). Fotoreseptor Cahaya dan Protein Terkait dengan *Monilinia laka* Fotorespon. *Jurnal Fungi*, 7(1), 32.