Life Science 14 (1) (2025)

Life Science

https://journal.unnes.ac.id/journals/UnnesJLifeSci

Pengaruh Lama Penyimpanan Biji Kopi Liberika pada Suhu Kamar terhadap Mutu Mikrobiologis dan Kadar Okratoksin A

Mutiara Bintang Ramadani, Dewi Mustikaningtyas, Siti Harnina Bintari, Pramesti Dewi✉

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 28 Agustus 2024
Disetujui: 20 Februari 2025
Dipublikasikan: 31 Mei 2025

Keywords:
liberica coffee beans; microbiology; ochratoxin A
biji Kopi Liberika; mikrobiologi; okratoksin A

Abstract

Liberica coffee is one of the leading commodities in several regions so it has quite high economic potential. Coffee beans can be stored for quite a long time, more than one year, even more than 4 years before going through the roasting process. However, during long storage periods coffee beans can be attacked by microorganisms such as mold (ochratoxigenic and non-ochratoxigenic). This research aims to determine the effect of storage time on the quality of Liberica coffee beans, both microbiologically and chemically. The benefit of this research is to provide information on the quality of Liberica coffee beans. This research is a laboratory experimental research. The long storage time for coffee beans was 36 and 39 weeks. The results of the research showed that the yeast mold rate (AKK) on Liberica coffee beans stored for 39 weeks was greater than those stored for 36 weeks. The increase in AKK during storage is thought to be due to the presence of insects, temperature and humidity factors. A total of three mold isolates were found at week 36 and there were six mold isolates at week 39. The percentage of fungal isolate attacks at both weeks 36 and 39 was dominated by fungi of the Mucorales order (Mucor sp. and Absidia sp.). In the 36th week the attack of Mucor sp. amounted to 36.67% while in the 39th week the Mucor sp attack. 20%. and Absidia sp. 23.33%. Ochratoxin A (OTA) levels from week 36 to week 39 did not increase but instead decreased. This occurs due to OTA degradation by ochratoxin-degrading molds which are thought to be Aspergillus sp. during storage.

Abstrak

Kopi Liberika merupakan salah satu komoditas unggulan di beberapa daerah sehingga memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi. Biji kopi dapat disimpan dalam kurun waktu yang cukup lama, lebih dari satu tahun, bahkan lebih dari 4 tahun sebelum melalui proses penyangraian. Namun, dalam masa penyimpanan yang lama biji kopi dapat terkena serangan mikroorganisme seperti kapang (okratoksigenik dan non okratoksigenik). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan terhadap mutu biji Kopi Liberika baik secara mikrobiologis maupun kimia. Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk memberikan informasi mengenai mutu biji Kopi Liberika. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium. Perlakuan lama waktu penyimpanan biji kopi yaitu selama 36 dan 39 minggu. Hasil penelitian menunjukkan Angka Kapang Khamir (AKK) pada biji Kopi Liberika yang disimpan selama 39 minggu lebih besar daripada yang disimpan 36 minggu. Peningkatan AKK selama penyimpanan diduga karena adanya serangga, faktor suhu, dan kelembapan. Sebanyak tiga isolat kapang yang ditemukan pada minggu ke 36 dan terdapat enam isolat kapang pada minggu ke-39. Persentase serangan isolat kapang baik pada minggu ke-36 maupun 39 didominasi oleh kapang Ordo Mucorales (*Mucor sp*. dan *Absidia sp*.). Pada minggu ke-36 serangan *Mucor sp*. sebesar 36,67% sedangkan pada minggu ke-39 serangan *Mucor sp.* 20%. dan *Absidia sp*. 23,33%. Kadar Okratoksin A (OTA) pada minggu 36 ke minggu 39 tidak mengalami peningkatan tetapi justru mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena adanya degradasi OTA oleh kapang pendegradasi okratoksin yang diduga sebagai *Aspergillus sp*. selama penyimpanan.

© 2025 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunungpati, Semarang
E-mail: iwed_pramesti@mail.unnes.ac.id

p-ISSN 2252-6277
e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Kopi Liberika merupakan salah satu komoditas unggulan di beberapa daerah seperti Tanjung Jabung Barat, Jambi dan Kepulauan Meranti, Riau (Herlinda *et al.,* 2018). Kopi ini memiliki citarasa dan aroma khas nangka yang membuatnya memiliki tempat tersendiri bagi penikmat kopi (Nurman *et al.,* 2020). Selain itu, biji kopi liberika memiliki ukuran yang lebih besar dibanding kopi jenis lain (Insanu *et al.*, 2021), Cheng *et al* (2016) menyatakan bahwa ukuran biji berkorelasi terhadap nilai jual kopi, kopi dengan ukuran biji lebih besar dapat menghasilkan kopi dengan nilai jual yang lebih tinggi, sehingga kopi liberika memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi.

Kopi liberika memiliki nilai rendemen rata-rata hanya 9,03% (Budiman, 2012) lebih kecil dibandingkan rendemen hasil pengolahan kopi arabika yang berkisar antara 16 – 20 % dan robusta 22-24% (Kembaren & Muchsin 2021). Fitriyah *et al* (2021) menyatakan bahwa kadar air merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada rendemen hasil, semakin rendah kadar air maka rendemen yang dihasilkan semakin besar. Rendahnya persentase rendemen dimungkinkan bahwa kadar air pada biji Kopi Liberika lebih tinggi dibanding jenis kopi lain.

Biji kopi bisa disimpan lebih dari satu tahun, bahkan lebih dari 4 tahun sebelum melalui proses penyangraian (Rojas, 2004; Yusianto *et al.*, 2007). Namun, selama penyimpanan biji kopi dapat terkena serangan mikroorganisme seperti kapang. Kapang merupakan salah satu mikroorganisme yang dapat menyebabkan kerusakan paling dominan pada biji kopi yang disimpan. Infeksi kapang pada biji-bijian dapat menyebabkan perubahan warna, adanya bau apek, penurunan berat, dan kandungan gizi, serta cemaran mikotoksin (Dharmaputra *et al.,* 2019). Lama waktu penyimpanan dapat menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas pada produk hasil pertanian (Muchtar *et al.*, 2010).

SNI 01-2907-2008 menyatakan bahwa syarat mutu biji kopi terdiri atas mutu fisik, kimia, dan biologi. Mutu fisik meliputi aroma, warna, rasa, ukuran biji, kekerasan biji, dan bobot biji. Mutu kimia meliputi kadar air, abu, lemak, protein dan karbohidrat, kadar kafein, cemaran logam, dan senyawa kimia. Mutu biologi meliputi ada tidaknya serangga dan kapang. Selain SNI, BPOM (2019) juga menyatakan syarat tentang batas maksimal cemaran mikroba (kapang dan khamir) pada kopi bubuk dan kopi instan yaitu sebesar 10^4 cfu/g dan 10^3 cfu/g. Sehingga apabila nilai cemaran kapang dan khamir melebihi batas yang ditetapkan maka tidak layak untuk dikonsumsi manusia.

Mikotoksin merupakan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh beberapa kapang toksigenik pada bahan pangan yang dapat meracuni dan membahayakan kesehatan manusia (Pakshir 2021). Berbagai hasil penelitian melaporkan bahwa mikotoksin yang terdapat pada komoditas kopi adalah okratoksin A (OTA) (Reddy & Bhoola, 2010; Puspita *et al.,* 2020). BPOM (2018) menetapkan kadar maksimal cemaran okratoksin kopi bubuk dan kopi sangrai sebesar 5 ppb sedangkan pada kopi instan sebesar 10 ppb. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan terhadap mutu biji kopi liberika baik secara mikrobiologis maupun kimia.

METODE

Biji Kopi Liberika diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (*Balittri*) di Jawa Barat dengan masa simpan 36 dan 39 minggu. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2023 - Agustus 2024 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNNES dan Saraswnati Indo Genetech Semarang. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dan menggunakan 2 perlakuan (lama waktu pentimpanan) dengan 3 kali ulangan untuk uji AKK dan perhitungan persentase serangan kapang, serta 2 perlakuan (lama waktu penyimpanan) dengan 2 kali ulangan untuk uji OTA. Perlakuan pertama yaitu dengan melakukan penyimpanan biji Kopi Liberika selama 36 minggu dan perlakuan kedua dengan melakukan penyimpanan biji Kopi Liberika selama 39 minggu.

Alat yang digunakan yaitu cawan petri diameter 9 cm *Pyrex*, gelas beaker (*Iwaki Pyrex Beaker Glass Low Form* ukuran 1L; 500mL; 250mL), pengaduk, erlenmeyer (*Iwaki Pyrex Erlenmeyer Flask* ukuran 250mL; 100mL), *vortex*, inkubator jamur, BSC (*Biological Safety Cabinet*), blender, bunsen, mikroskop, plastik, autoklaf, karet, kertas coklat (pembungkus), *plastic wrap*, pinset, ose bulat dan lurus, gelas objek dan penutup, bunsen, tabung reaksi, *cork borer*, tisu, alumunium foil, *yellow* and *blue tip*, mikropipet, pinset, kertas saring, neraca anlitik, driglaski. Bahan yang digunakan adalah biji kopi liberika, akuades, natrium hipoklorit 1%, alkohol 70%, media PDA, MEA, DG18, larutan BPW, kloramfenikol, *lactophenol cotton blue*, dan spirtus.

Uji Mikrobiologi Biji Kopi Liberika

Perhitungan Angka Kapang Khamir (AKK)

Biji kopi sebanyak 10 gram yang telah dihaluskan dimasukkan dalam labu Erlenmeyer kemudian dilarutkan dengan 90 mL BPW (*Buffer Peptone Water)* dan dihomogenkan menggunakan *shaker* sehingga diperoleh larutan suspensi kopi dengan pengenceran 1:10. Selanjutnya 1 mL larutan diambil dan larutan itu dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL BPW dan dihomogenkan sehingga diperoleh pengenceran 1:100 atau 10^{-2}, dengan cara kerja yang sama dibuat sampai pengenceran 1:100000 atau 10^{-5}. Sebanyak 0,1 mL larutan dari setiap pengenceran disebarkan menggunakan *spreader* steril pada cawan berisi media DG18 yang sudah memadat dengan 3 kali pengulangan. Cawan petri diinkubasi pada suhu 25°C selama 5 hari (Kusumaningrum & Rasyidah 2019). Setelah masa inkubasi selesai, dilakukan perhitungan AKK (BSN, 2012) dengan rumus:

$$Angka\ kapang - khamir\ = \frac{Rata - rata\ koloni}{faktor\ pengenceran}$$

Isolasi, Identifikasi Genus, dan Perhitungan Persentase Kapang

Isolasi kapang dilakukan dengan penanaman langsung (*direct platting methods*). Biji kopi didesinfeksi dengan Na-hipoklorit 1% selama dua menit di dalam *beaker glass*, kemudian dibilas menggunakan akuades steril selama 1 menit, kemudian sampel dikeringkan di dalam cawan petri yang telah berisi 3 lembar kertas saring steril, selanjutnya diletakkan pada media *Dichloran 18% Glycerol Agar* (DG18) (10 biji/cawan Petri). Selanjutnya, cawan Petri tersebut diinkubasi pada suhu 25°C selama 7 hari (Maman *et al.,* 2021). Setiap isolat kapang diberi kode, misalnya SP 1, SP 2, dan seterusnya untuk diidentifikasi serta dilakukan

perhitungan persentase kapang. Identifikasi dilakukan dengan menumbuhkan isolat pada media MEA (*Malt Extract Agar*) dan PDA (*Potato Dextrose Agar*) kemudian diinkubasi selama 7 hari pada suhu 25ºC kemudian diamati secara makroskopis dan mikroskopis (Kusumaningrum & Rasyidah 2019). Kapang diidentifikasi mengacu pada pustaka Pitt & Hocking (2009) dan beberapa pustaka penunjang lainnya. Perhitungan persentase kapang (Mehrota, 1980):

$$Persentase\ kapang = \frac{Jumlah\ biji\ kopi\ yang\ terserang\ kapang}{Jumlah\ biji\ kopi} \times 100\%$$

Uji Kimia (Penentuan Kadar Okratoksin A)

Penentuan kadar OTA pada biji kopi dilakukan dengan menggunakan metode LCMS/MS. Dibuat deret standar campuran mikotoksin di dalam vial amber 2 mL. 1 gram porsi uji homogen ditimbang ke dalam tabung labu ukur amber 100, akuabides ditambahkan dan kemudian di-vortex. Pelarut ditambahkan secara terukur. Ekstraksi dilakukan dengan *mechanical shaker*. Garam QuEChERS CEN ditambahkan dan dikocok manual, larutan disentrifugasi. Proses *cleanup* dilakukan menggunakan larutan Carrez. Hasil cleanup disaring ke dalam vial amber 2 mL, kemudian diinjeksikan ke sistem LC-MS/MS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Angka Kapang Khamir (AKK) Biji Kopi Liberika

Hasil pengujian AKK biji Kopi Liberika dengan masa simpan 36 minggu dan 39 minggu dapat diamati pada Tabel 1.

Tabel 1. Angka Kapang Khamir (AKK)

Penyimpanan	Hasil Uji AKK (CFU/g)			Rerata
	U1	U2	U3	
36 minggu	<10	<10	<10	<10 [a]
39 minggu	$1{,}0 \times 10^1$	$2{,}0 \times 10^1$	$1{,}0 \times 10^1$	$1{,}3 \times 10^1$ [b]

Keterangan: angka yang disertai huruf berbeda ([a],[b]) menunjukkan perbedaan yang bermakna berdasarkan uji *Mann Whitney* ($p < 0.05$). U1 = ulangan pertama, U2 = ulangan kedua, U3 = ulangan ketiga

Data AKK pada Tabel 1 dianalisis non parametrik menggunakan uji *Kruskal-Wallis*, karena tidak memenuhi syarat uji normalitas dan homogenitas dengan p<0,05 yaitu 0,000 untuk uji normalitas dan 0,016 untuk uji homogenitas. Berdasarkan analisis menggunakan uji *Kruskal-Wallis*, terlihat adanya perubahan nilai AKK secara signifikan dari 2 kelompok perlakuan yang dapat diketahui dari nilai p<0,05 yaitu 0,034. Untuk mengetahui adanya beda nyata antar kelompok perlakuan, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji *Post Hoc Mann Whitney*, dengan syarat nilai signifikansi sebesar p<0,05. Berdasarkan hasil yang diperoleh, didapatkan hasil yang berbeda nyata dari dua kelompok perlakuan, dengan nilai p<0,05 yaitu 0,034.

Berdasarkan Tabel 1. hasil uji AKK biji Kopi Liberika pada lama penyimpanan 36 dan 39 minggu masih memenuhi syarat mutu cemaran AKK yang ditetapkan SNI 01-3542-2004 pada kopi bubuk

dengan syarat cemaran maksimal 10^4 cfu/g. AKK pada biji kopi liberika diduga karena selama penyimpanan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi munculnya kapang-khamir. Faktor tersebut diantaranya adalah biji yang rusak (pecah atau sedikit rompal), suhu, kelembapan udara, kadar air, dan serangan serangga. Hasil pengamatan adanya serangan serangga pada biji Kopi Liberika selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Serangga saat penyimpanan

Pane *et al,* (2022) menyatakan bahwa serangga yang terdapat di dalam biji kopi mendorong pertumbuhan kapang. Serangga akan membuat biji kopi menjadi berlubang sehingga kapang dapat mengkoloni lebih mudah. Serangga juga dapat meningkatkan kadar air biji karena adanya hasil metabolisme serangga, sehingga dapat mempercepat pertumbuhan kapang. Selain itu, serangga dapat membawa spora kapang pada permukaan tubuhnya.

Selain faktor serangan serangga, suhu dan kelembapan juga merupakan faktor yang menyebabkan peningkatan terhadap AKK. Suhu dan tingkat kelembapan yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan resiko pertumbuhan kapang pada biji kopi selama penyimpanan serta dapat mempercepat kerusakan biji kopi pada masanya penyimpanan, sehingga mengakibatkan hilangnya rasa dan aroma yang dapat berdampak negatif pada kualitas keseluruhan kopi (Girma, 2023).

Selama penyimpanan biji kopi liberika, suhu ruang dan kelembapan ruang penyimpanan diukur menggunakan *thermohygrometer*. Suhu ruang yang terukur berkisar antara 29°-30°C dengan kelembapan berkisar antara 90%-97%. Kelembaban udara pada ruang penyimpanan dapat dikatakan tinggi. Pada kelembapan udara yang tinggi, biji kopi dapat menyerap lebih banyak uap air yang menyebabkan kenaikan kadar air di atas 12%. Kelembapan yang tinggi juga dapat menyebabkan kondensasi uap air di gudang, sehingga berpotensi memicu pertumbuhan bakteri atau kapang (Pane *et al*, 2022). Penyimpanan biji Kopi Liberika dalam karung plastik dapat dilihat pada Gambar 2.

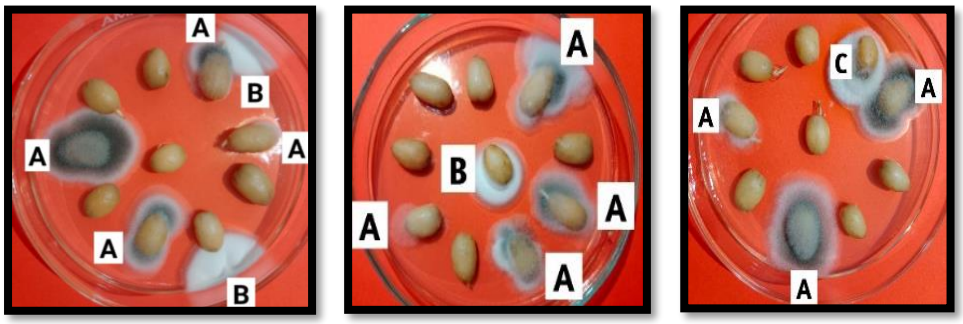
Gambar 2. Penyimpanan kopi dalam karung (a. Penampakan penyimpanan dari luar, b. Penampakan penyimpanan dari dalam)

Selama proses penyimpanan, biji kopi disimpan dalam karung berbahan plastik. Karung plastik memiliki memiliki pori-pori yang relatif besar sehingga memungkinkan biji-bijian di dalamnya terpapar kelembapan udara. Ruangan penyimpanan dengan tingkat kelembaban tinggi menyebabkan biji kopi menyerap uap air, sehingga terjadi peningkatan kadar air **(**Błaszkiewicz *et al.*, 2023; Retnani *et al.*, 2009).

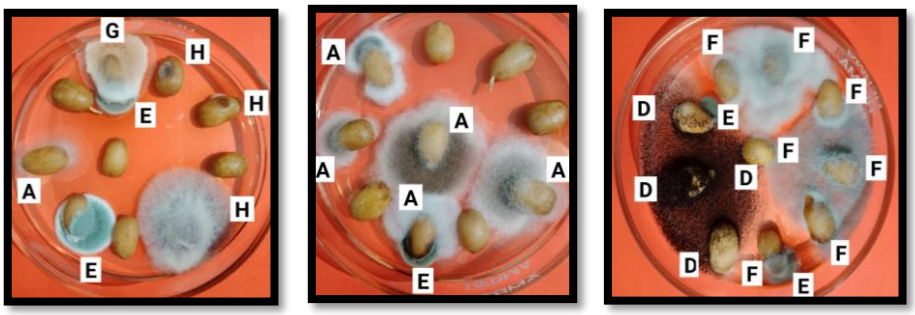
Sari *et al* (2020) tinggi rendahnya kadar air dalam biji kopi selama penyimpanan dapat memberikan pengaruh terhadap AKK, total mikroba, dalam biji kopi. Oleh karena itu kadar air memiliki peranan penting dalam menjaga mutu biji kopi. Biji kopi dengan kadar air ≥12,5% akan lebih mudah terinfeksi kapang pascapanen (Perrone *et al.,* 2006).

Karakterisasi Isolat Kapang pada Biji Kopi Liberika

Isolasi kapang pada biji kopi liberika dilakukan dengan penanaman biji kopi pada medium DG18 dan waktu inkubasi selama 7 hari. Hasil isolasi kapang biji kopi liberika selama 36 minggu dapat diamati pada Gambar 3, sedangkan hasil isolasi kapang masa simpan 39 minggu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Hasil isolasi kapang masa simpan 36 minggu dengan 3 ulangan. A : isolat A, B : Isolat B, C : Isolat C



Gambar 4. Hasil isolasi kapang masa simpan 39 minggu dengan 3 ulangan, A : isolat A, D : Isolat D, E: Isolat E, F : Isolat F, G : Isolat G, H : Isolat H.

Gambar 3. menunjukkan bahwa isolat kapang yang terisolasi sebanyak 3 isolat, yaitu Isolat A, Isolat B, dan Isolat C. Dari 3 ulangan, total koloni isolat yang terisolasi sebanyak 15 isolat, yaitu 11 koloni Isolat A, 3 koloni Isolat B, dan 1 Koloni Isolat C, sedangkan Gambar 4. isolat kapang yang terisolasi sebanyak 6 isolat, yaitu Isolat A, Isolat D, Isolat E, Isolat F, Isolat G, dan Isolat H. Dari 3 ulangan, total koloni isolat yang terisolasi sebanyak 26 isolat, yaitu 6 koloni Isolat A, 4 koloni isolat D, 5 koloni Isolat E, 7 koloni Isolat F, 1 koloni Isolat G, dan 3 koloni Isolat H. Terdapat 1 isolat kapang yang mendominasi

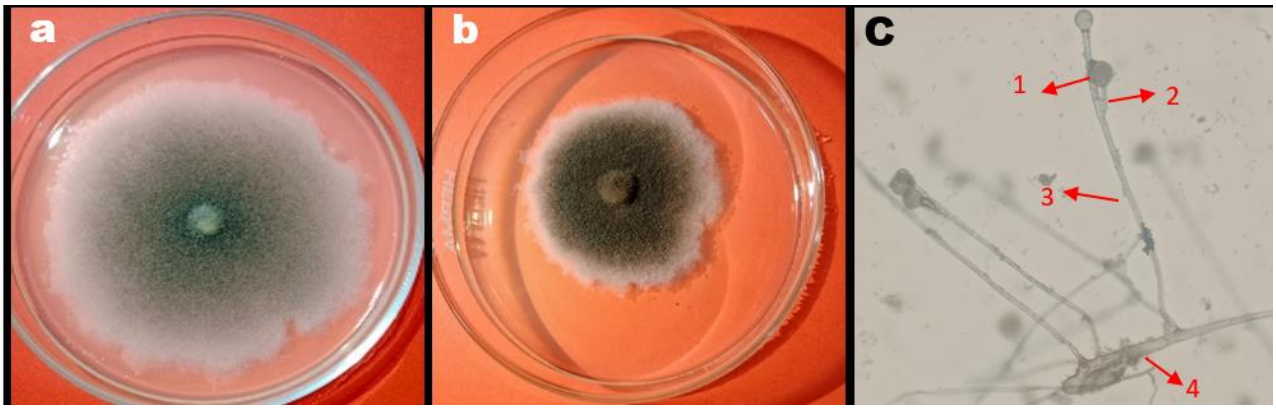
dan ditemukan dikedua waktu penyimpanan yaitu isolat A. Hasil identifikasi kapang pada biji kopi liberika dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Karakteristik isolat A,B,C, dan D.

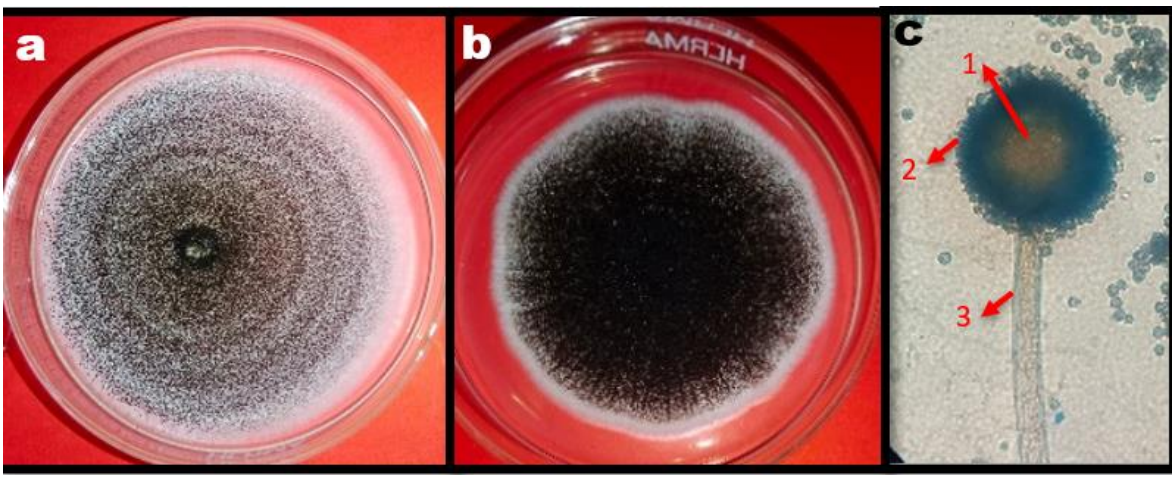
Morfologi	Isolate A		Isolat B		Isolate C		Isolat D	
	PDA	MEA	PDA	MEA	PDA	MEA	PDA	MEA
Warna koloni atas	Abu kehitaman	Hitam	Putih	Putih	Putih	Putih kehitaman	Hitam	Hitam
Warna koloni vawah	Hijau keabuan	Hijau keabuan	Krem	Krem	Putih keabuan	Putih kekuningan	Putih	Putih keabuan
Tetes eksudat	-	-	-	Ada	-	-	-	-
Tekstur	*Cottony*		*Velvety*		*Cottony*		*Powdery*	
Vesikel	-		-		-		ada	
Bentuk vesikel	-		-		-		Globose	
Percabangan	Ada		-		-		-	
Kolumela	ada		-		-		-	
Genus	Mucor		*Unidentified*		*Unidentified*		Aspergillus	

Tabel 3. Karakteristik isolat E,F,G, dan H.

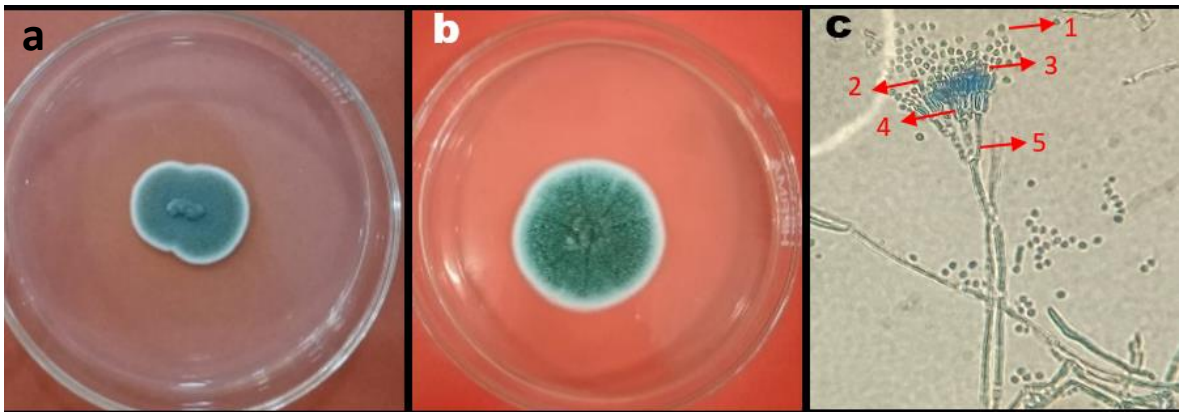
Morfologi	Isolate E		Isolat F		Isolate G		Isolat H	
	PDA	MEA	PDA	MEA	PDA	MEA	PDA	ME
Warna koloni atas	Hijau	Hijau	Putih	Putih	Putih kekuningan	Putih kekuningan	Putih	Putih
Warna koloni bawah	Kuning	Putih	Putih	Putih	Putih kekuningan	Putih kekuningan	Putih	Putih
Tetes eksudat	-	Ada	-	-	Ada	-	-	-
Tekstur	*Velvety*		*Cottony*		*Cottony*		*Cottony*	
Vesikel	-		ada		-		-	
Bentuk vesikel	-		Subglobose		-		-	
Percabangan	Bive		ada		-		-	
Kolumela	-		Ada		-		-	
Genus	Penicillium		Absidia		*unidentified*		*Unidentified*	



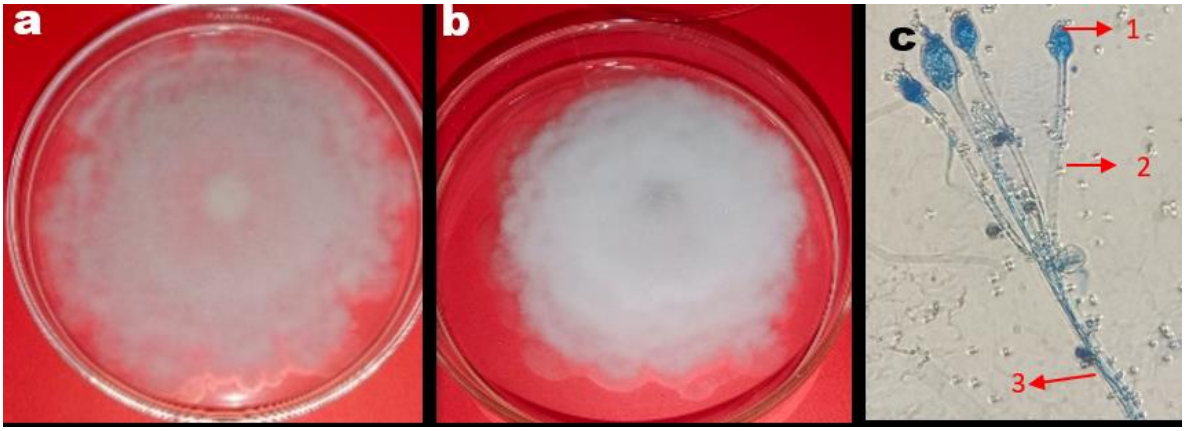
Gambar 5. Makromorfologi dan mikromorfologi *Mucor sp.*, a : Mucor pada media PDA dengan tekstur *cottony*; b : *Mucor sp.* pada media MEA dengan tekstur *cottony*; c : Struktur sel *Mucor sp.* 1: sporangium; 2 : percabangan sporangiofor; 3 : sporangiofor; 4 : hifa



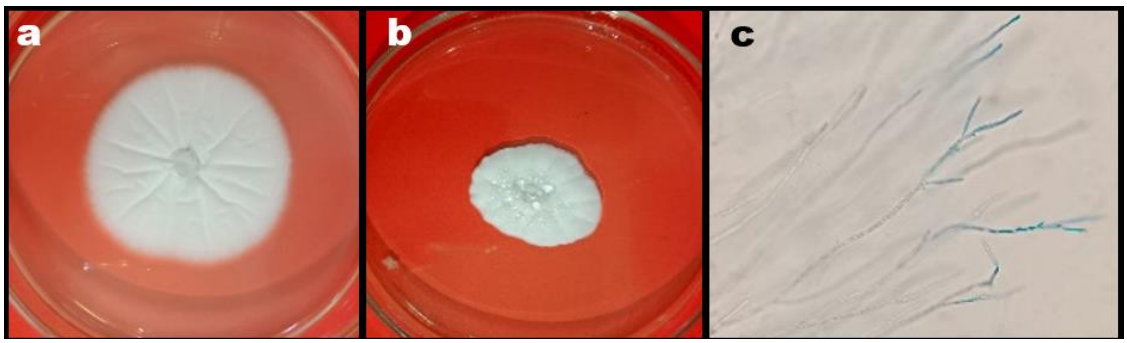
Gambar 6. Makromorfologi dan mikromorfologi *Aspergillus* sp., a : *Aspergillus* sp. pada media PDA dengan tekstur *powdery*; b : *Aspergillus* sp. pada media MEA dengan tekstur *powdery*; c :struktur sel *Aspergillus* sp. 1 : Vesikel; 2: konidia; 3 : konidiofor



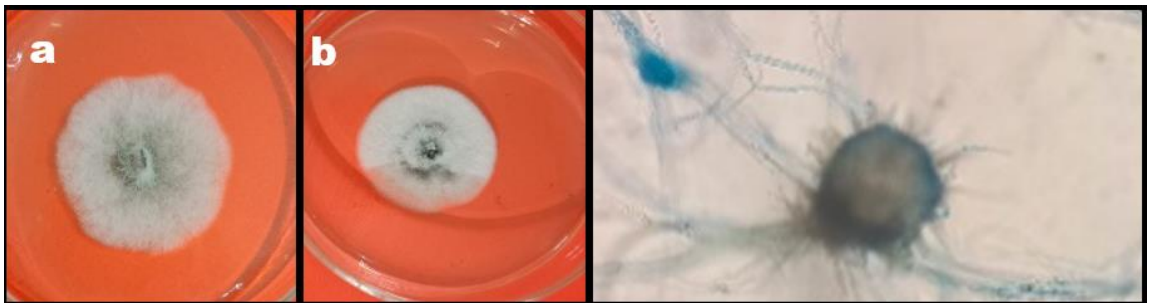
Gambar 7. Makromorfologi dan mikromorfologi *Penicillium* sp., a : *Penicillium* sp. pada media PDA dengan tekstur *velvety;* b : *Penicillium* sp. pada media MEA dengan tekstur *velvety* c *:* Struktur sel *Penicillium* sp.1 : konidium; 2 : fialid; 3 : metula; 4 : cabang; 5 : konidiofor



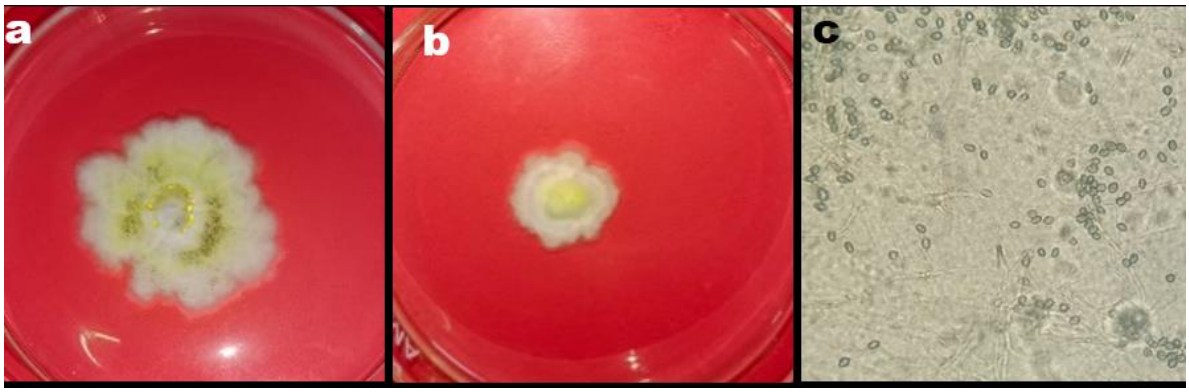
Gambar 7. Makromorfologi dan mikromorfologi *Absidia* sp., a : *Absidia* sp. pada media PDA dengan tekstur *cottony;* b : *Absidia* sp. pada media MEA dengan tekstur *cottony;* c *:* Struktur sel *Absidia* sp. 1 : kolumela; 2 : cabang; 3 : sporangiofor



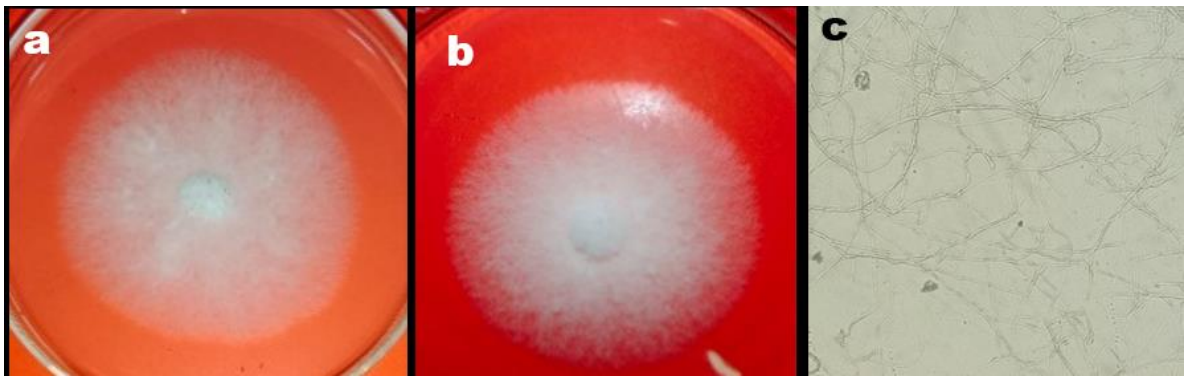
Gambar 9. Makromorfologi dan mikromorfologi Isolat B, a : Isolat B pada media PDA dengan tekstur *velvety;* b : Isolat B pada media MEA dengan tekstur *velvety;* c *:* Struktur sel Isolat B



Gambar 10. Makromorfologi dan mikromorfologi Isolat C, a : Isolat C pada media PDA dengan tekstur *cottony*; b : Isolat C pada media MEA dengan tekstur *cottony*; c : Struktur sel Isolat C



Gambar 8. Makromorfologi dan mikromorfologi isolat G, a : Isolat G pada media PDA dengan tekstur *cottony*; b : Isolat G pada media MEA dengan tekstur *cottony*; c : Struktur sel isolat G



Gambar 12. Makromorfologi dan mikromorfologi Isolat H, a : Isolat H pada media PDA dengan tekstur *cottony*; b : Isolat H pada media MEA dengan tekstur *cottony*; c : Struktur sel isolat H

Isolat kapang yang ditanam pada media PDA dan MEA memiliki karakter morfologi koloni berbeda-beda. Pengamatan morfologi koloni meliputi warna permukaan koloni, warna sebalik koloni, ada tidaknya tetes eksudat, dan tekstur permukaan koloni. Warna permukaan koloni dan sebalik koloni kapang yang ditanam pada media sangat beragam, mulai dari warna putih, abu, hitam, hijau, kuning, dan krem. Pengamatan tekstur miselium pada masing-masing isolat ditemukan bertekstur seperti tepung/granul (*powdery*), beludru (*velvety*), dan kapas (*cottony*). Keseluruhan kapang memiliki tipe miselium yang tumbuh di atas agar media (*appressed/raised*).

Hasil isolasi dan identifikasi kapang pada biji Kopi Liberika dengan pengamatan makromorfologis dan mikromorfologis berhasil mengidentifikasi 4 dari 8 isolat yang terisolasi hingga tingkat genus. Isolat yang dapat teridentifikasi yaitu isolat A (Mucor), isolat D (Aspergillus), isolat E (Penicilium), dan isolat F (Absidia), sedangkan empat isolat lain yaitu isolat B, C, G, dan H masih belum dapat teridentifikasi dikarenakan kurangnya data pengamatan struktur sel dari pengamatan morfologi. Genus Aspergillus, Mucor, dan Penicillium dilaporkan dalam beberapa penelitian merupakan genus kapang yang sering mengkontaminasi produk pascapanen seperti kopi, pala, dan kakao (Dharmaputra *et al*, 2015; Lilia *et al*, 2021; Maman *et al.,* 2021; Nurtjahja *et al*, 2023).

Persentase Isolat Kapang yang Menyerang Biji Kopi Liberika

Perhitungan persentase kapang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase serangan kapang pada biji Kopi Liberika

Penyimpanan	Isolat	Persentase serangan
36 minggu	A (Mucor)	36,67%
	B (*unidentified*)	10%
	C (*unidentified*)	3,33%
39 minggu	A (Mucor)	20%
	D (Aspergillus)	13,3
	E (Penicillium)	16,67
	F (Absidia)	23,33%
	G (*unidentified*)	3,33%
	H (*unidentified*)	10%

Berdasarkan Tabel 4. Persentase serangan kapang pada biji Kopi Liberika pada masa simpan 36 minggu didominasi oleh Isolat kapang A (Mucor) dan pada masa simpan 39 minggu didominasi oleh isolat kapang A (Mucor) dan Isolat kapang F (Absidia). Kontaminasi Mucor yang cukup besar juga ditemukan dalam Penelitian Lilia *et al* (2021), dalam penelitiannya mengenai kontaminasi kapang pada biji kopi robusta terhitung persentase serangan Mucor sebesar 40%.

Anggota Mucorales mempunyai pengaruh yang beragam terhadap kehidupan manusia. Mucor dapat menyebabkan kerusakan pada produk makanan atau pascapanen, spesies ini menyebabkan permasalahan pada saat penyimpanan biji-bijian atau sereal lainnya (Hurdeal *et al*, 2021).

Pengujian Kadar Okratoksin A (OTA)

Tabel 5. Kadar OTA pada biji Kopi Liberika

Penyimpanan	Kadar OTA (µg/kg)		Rerata
	U1	U2	
36 Minggu	575,20	569,17	572,18
39 Minggu	*ND*	*ND*	-

Berdasarkan Tabel 5. terlihat bahwa lamanya waktu penyimpanan belum tentu berpengaruh terhadap peningkatan kadar OTA pada biji kopi, hal ini dapat terjadi karena adanya faktor tertentu, misalnya persentase kontaminasi kapang okratoksigenik yang kecil dan terjadinya degradasi OTA selama penyimpanan. Casas-Junco *et al* (2018), melakukan percobaan dengan menginokulasikan 22 galur kapang dari spesies *A. niger, A. versicolor* dan *Byssochlamys spectabilis* pada kopi arabika. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa setelah perlakuan 21 hari terdapat 3 sampel yang terdeteksi mengandung OTA, sedangkan 19 sampel lainnya tidak terdeteksi adanya OTA. Lama penyimpanan dapat berpengaruh terhadap peningkatan kadar OTA hanya jika pada kopi terserang kapang okratoksigenik.

Pada penelitian ini terlihat hasil isolasi dan identifikasi kapang yang diduga menghasilkan OTA memiliki persentase serangan yang rendah yaitu isolat kapang E (*Penicillium*) 16,67%, sehingga dapat diketahui bahwa tidak semua biji kopi terserang kapang yang diduga menghasilkan OTA. Pada penelitian ini juga teridentifiksi kapang genus Aspergillus. Aspergillus dengan jenis dan galur tertentu disebutkan dalam beberapa penelitian dapat menghasilkan OTA (Taniwaki *et al.,* 2014; Maman *et al.,* 2021), akan tetapi dalam penelitian lain disebutkan pula bahwa Aspergillus dengan jenis dan galur tertentu dapat mendegradasi OTA (Bejaoui *et al.*, 2006; Varga *et al.*, 2000).

Kadar OTA selama penyimpanan dapat mengalami penurunan karena adanya degradasi oleh bakteri dan kapang. Selama penyimpanan biji kopi sangat mungkin terjadi kontaminasi-kontaminasi dari mikroorganisme lain. Abrunhosa *et al* (2010) menyebutkan terdapat beberapa jenis mikroorganisme seperti bakteri dan kapang mampu mendegradasi OTA. Peng *et al* (2022) menyebutkan bahwa bakteri *Brevundimonas naejangsanensi* mampu mendegradasi OTA dan OTB dengan tingkat degradasi 100% dalam waktu 24 jam. Kebanyakan bakteri dapat mendegradasi OTA dengan kecepatan lebih dari 90% dalam waktu 48 jam. Bakteri yang umum dapat mendegradasi OTA berasal dari genus Bacillus, Acinetobacter, Alcaligenes, Lactobacillus, dan Brevundimonas (Fuchs *et al.*, 2008; Shi *et al.*, 2014; De Bellis *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2017; Peng *et al.*, 2022).

Kapang disebutkan dalam beberapa penelitian juga mampu mendegradasi OTA. Xiao *et al* (1996) menyatakan bahwa *Aspergillus niger* mampu menghidrolisis OTA dan OTB. *Aspergillus fumigatus , A. japonicus* dan *A. niger* dapat mendegradasi 2 mg OTA/L pada suhu 30 °C setelah 10 hari inkubasi (Varga *et al.*, 2000). Beberapa strain dari *A. carbonarius , A. japonicus* , dan *A. niger* mampu mendegradasi hingga 80% dari 2 mg OTA/L (Bejaoui *et al.*, 2006). OTA yang terkadung pada biji Kopi Liberika sangat tinggi yaitu dengan rerata sebesar 572 µg/kg, dibandingkan penelitian Noonim *et al* (2008) terdapat OTA sangat kecil yaitu hanya 2,3 µg/kg pada biji kopi arabika dan 3,7 µg/kg pada biji robusta. BPOM (2018) menetapkan syarat maksimal cemaran okratoksin pada kopi bubuk dan kopi sangrai sebesar 5 µg/kg

sedangkan untuk kopi instan sebesar 10 µg/kg. Sehingga dapat dikatakan bahwa kandungan OTA pada biji Kopi Liberika sangat tinggi karena jauh melebihi syarat mutu yang ditetapkan oleh BPOM.

Penelitian ini merupakan penelitian awal mengenai mutu mikrobiologis (AKK, karakterisasi isolat kapang, dan persentase serangan kapang) dan kimia (OTA) pada biji Kopi Liberika, sehingga masih perlu dilakukan penelitian lanjut terhadap mutu kimia lain dan mutu fisik pada biji Kopi Liberika. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambah lama waktu perlakuan.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa lama waktu penyimpanan biji kopi Liberika pada suhu ruang berpengaruh signifikan terhadap peningkatan Angka Kapang Khamir (AKK). Variasi isolat kapang yang ditemukan mengalami peningkatan, tiga isolat ditemukan pada minggu ke-36 dan enam isolat pada minggu ke-39. Spesies kapang yang paling dominan adalah *Mucor* sp. dan *Absidia* sp., dengan persentase serangan tertinggi masing-masing sebesar 36,67% dan 23,33%. Meskipun demikian, penyimpanan hingga 39 minggu belum menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kadar Okratoksin A (OTA).

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pengawas Obat Dan Manakanan [Bpom]. 2019. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 13 Tahun 2019 tentang batas maksimal cemaran mikroba dalam pangan olahan [Regulation of POM Agency number 13 of 2019 maximum limits of microbial contamination in processed food]. Jakarta (Id). Badan Pom Republik Indonesia

Bejaoui, H., Mathieu, F., Taillandier, P., & Lebrihi, A. (2006). Biodegradation of ochratoxin A by Aspergillus section Nigri species isolated from French grapes: a potential means of ochratoxin A decontamination in grape juices and musts. *FEMS microbiology letters*, *255*(2), 203-208. https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2005.00073.x

Błaszkiewicz, J., Nowakowska-Bogdan, E., Barabosz, K., Kulesza, R., Dresler, E., Woszczyński, P., ... & Szkutnik, K. (2023). Effect of green and roasted coffee storage conditions on selected characteristic quality parameters. *Scientific Reports*, *13*(1), 6447. https://doi.org/10.1038/s41598-023-33609-x

Budiman, H. 2012. Prospek Tinggi Bertanam Kopi. Pustaka Baru Press.Yogyakarta.

Casas-Junco, P. P., Ragazzo-Sánchez, J. A., Ascencio-Valle, F. D. J., & Calderón-Santoyo, M. (2018). Determination of potentially mycotoxigenic fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) from Nayarit. *Food science and biotechnology*, *27*(3), 891-898. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0288-7

Cheng B, Furtado A, Smyth HE, Henry RJ. 2016. Influence of genotype and environment on coffee quality. Trends Food Sci Technol 57: 20-30. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003.

Dharmaputra, O., S., Ambarwati, S., Retnowati, I. Nurfadila, N. 2019. Fungal infection of stored arabica coffee (*Coffee arabica*) beans in south Sulawesi province, Indonesia. *Biotropia*, 26 (2), 127-135.

Fitriyah, A. T., Kape, D., Baharuddin., Dan Utami, R. R. 2021. Analisis Mutu Organoleptik Kopi Bubuk Arabika *(Coffea arabica)* Bittuang Toraja. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan,* 16(1):72-82.

Fuchs, R., & Peraica, M. (2005). Ochratoxin A in human kidney diseases. *Food Additives and Contaminants*, *22*(1), 53–57. https://doi.org/10.1080/02652030500309368

Girma, B. (2023). The Impact of Climate Change on Coffee Processing: A Review. *Science Publishing Group*. 12(4): 120-129. https://doi.org/10.11648/j.aff.20231204.14

Herlinda, S. Al, Mawardhi, A. D., Setiadi, D., Riset, P. T., Nusantara, P., Tengah, B., & Bogor, K. (2018). *"Tantangan dan Solusi Pengembangan PAJALE dan Kelapa Sawit Generasi Kedua (Replanting) di Lahan Suboptimal" Strategi Pemanfaatan Lahan Gambut melalui Pengembangan Agroforestri Kopi Liberika (Coffea liberica) Strategy on Peatland Utilisaton through Development of Coffea Liberica Agroforestry*. [Unsri Press].

Hurdeal, V. G., Gentekaki, E., Hyde, K. D., Nguyen, T. T., & Lee, H. B. (2021). Novel Mucor species (Mucoromycetes, Mucoraceae) from northern Thailand. *MycoKeys*, *84*, 57. https://doi.org/10.3897/mycokeys.84.71530

Insanu M., Fidrianny, I., Imtinan, N. H. H, dan Kusmardiyani, S. 2021. Liberica coffee (*Coffea liberica* L.) from three different regions: In vitro antioxidant activities. Biointerface Res. Appl. Chem, 11(5): 13031–13041. https://doi.org/10.33263/BRIAC115.1303113041

Kembaren, E. T dan Muchsin. 2021. Pengelolaan Pasca Panen Kopi Arabika Gayo Aceh. *Jurnal Visioner & Strategis,* 10(1):29-36.

Kusumaningrum, H. D dan Rasyidah, M. M. 2019. Prevalence of spoilage mold in coffee before and after brewing. *Food Research*, 3 (6) : 720 – 726. https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(6).142

Lilia, D., Damiri, N., Zulkarnain, M., & Mulawarman. (2021). Short communication: Drying methods and diversity of contaminant fungi on coffee beans in South Ogan Komering Ulu District, South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, *22*(2), 1037–1042. https://doi.org/10.13057/biodiv/d220260

Mehrotra RS. 1980. Plant Pathology. Tata Mc.Graw Hill Publishing Company Limited. India.

Muchtar, H., Kamsina, Anova, I. T. 2011. Pengaruh kondisi penyimpanan terhadap pertumbuhan jamur pada gambir. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22 (1), 36-43.

Maman, M., Sangchote, S., Piasai, O., Leesutthiphonchai, W., Sukorini, H., & Khewkhom, N. (2021). Storage fungi and ochratoxin A associated with arabica coffee bean in postharvest processes in Northern Thailand. *Food Control*, *130*. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108351

Noonim, P., Mahakarnchanakul, W., Nielsen, K. F., Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2008). Isolation, identification and toxigenic potential of ochratoxin A-producing Aspergillus species from coffee beans grown in two regions of Thailand. *International journal of food microbiology*, *128*(2), 197-202. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.08.005

Nurman, N., Susanti, E., & Agia, L. N. (2020). Strategi Peningkatan Daya Saing Kopi Liberika di Kabupaten Kepulauan Meranti. *COSTING: Journal of Economic, Business and Accounting*, *3*(2), 499-505. http://dx.doi.org/10.31539/costing.v3i2.1277

Nurtjahja, K., Hastuti, L., Purnamasari, N., & Silitonga, G. N. (2022). Fungal Contamination and Toxigenicity of Aspergillus flavus on Postharvest Cacao Beans in Northern Sumatera, Indonesia. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, *32*(3), 448-454. https://doi.org/10.29133/yyutbd.1071092

Pakshir, K., Dehghani, A., Nouraei, H., Zareshahrabadi, Z., & Zomorodian, K. (2021). Evaluation of fungal contamination and ochratoxin A detection in different types of coffee by HPLC-based method. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, *35*(11). https://doi.org/10.1002/jcla.24001

Pane, A. P., Simarsoit, A. N. S. A., Ashidiqi, C., Carissa, D., Pernanda, M. F., Wulandari, M., & Lindy, N. A. R. Peran teknologi penyimpanan biji kopi dalam meningkatkan ketahanan industri kopi pasca pandemi covid-19 the role of coffee storage technology for improving the resilience of coffee industry post covid-19 pandemic. *Prosiding Seminar Nasional BSKJI "Post Pandemic Economy Recovery*"

Pitt, J. I., Hocking, A. D. 2009. *Fungi and spoilage*. New York (US): Springer

Puspita, R., Mz, S., Dewantari Kusumaningrum, H., & Dewanti-Haryadi, R. (2020). Prevalensi Kapang Okratoksigenik dan Kandungan Okratoksin A pada Kopi Selang Semende. *Agritech*, 40(2), 110-117. https://doi.org/10.22146/agritech.39542

Reddy, L., & Bhoola, K. (2010). Ochratoxins-food contaminants: Impact on human health. In *Toxins*, 2 (4), 771–779. https://doi.org/10.3390/toxins2040771

Rojas, J. (2004). Green coffee storage. p. 733—749. In : J. N. Wintgens (eds). Coffee : Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers. Wiley - VCH Verlag GMBH and Co. KGaA. Weinheim.

Retnani, Y., Wigati, D., & Hasjmy, AD (2009). Pengaruh jenis kemasan dan lama penyimpanan terhadap serangan serangga dan sifat fisik ransum broiler starter berbentuk hancur. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, *12* (3), 137-145. https://doi.org/10.22437/jiiip.v0i0.176

Standar Nasional Indonesia. 2008. Biji kopi [Coffe beans]. Jakarta (ID): Badan standarisasi Nasional

Standar Nasional Indonesia. 2004. Kopi bubuk. Jakarta (ID): Badan standarisasi Nasional

Standardisasi Nasional Indonesia. 2012. Standar Nasional Indonesia Mikrobiologi Bahan Pangan dan Pakan - Metode Horizontal untuk Enumerasi Kapang dan Khamir Bagian 2: Teknik Penghitungan Koloni pada Produk dengan Aktivitas Air Kurang dari atau sama dengan 0.95. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional

Taniwaki, M. H., Teixeira, A. A., Teixeira, A. R. R., Copetti, M. V., & Iamanaka, B. T. (2014). Ochratoxigenic fungi and ochratoxin A in defective coffee beans. *Food Research International*, *61*, 161–166. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.032

Varga, J., Rigó, K., & Téren, J. (2000). Degradation of ochratoxin A by Aspergillus species. *International journal of food microbiology*, *59*(1-2), 1-7. https://doi.org/10.1016/s0168-1605(00)00230-0

Xiao, H., Marquardt, R. R., Abramson, D., & Frohlich, A. A. (1996). Metabolites of ochratoxins in rat urine and in a culture of Aspergillus ochraceus. *Applied and Environmental Microbiology*, *62*(2), 648-655. https://doi.org/10.1128/aem.62.2.648-655.1996

Zhang B.J. 2016. Occurrence regularity and prevention-control measures of *Mucor* on production of *Lentinus edodes*. *North. Hortic,* 19:208–209.