

Identifikasi Mikroorganism Kontaminan pada Biji Pala di Pulau Ambon

Linerisya Patty¹, E. Kaya², V. N. Lawalata³, Jogeneis Patty^{4*}

¹Program Studi Pengelolaan Lahan Universitas Pattimura

²Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Pattimura

³Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Pattimura

⁴Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Pattimura

*Corresponding author: joopattyhuwae@gmail.com

Abstrak

Pala merupakan salah satu komoditas pemasok terbesar kebutuhan pala di dunia terkhususnya Indonesia karena Indonesia merupakan pengekspor biji pala dan fuli terbesar di pasaran dunia. Masalah yang dihadapi adalah komoditas pala asal Indonesia pernah mengalami 20 kasus penolakan pala Indonesia oleh Uni Eropa karena adanya kontaminasi jamur *Aspergillus flavus* pada biji pala yang diekspor. Perlu adanya upaya penanganan serius meminimalisasikan mikroorganism kontaminan pada biji pala. Penelitian ini dilaksanakan di negeri Allang, Liliboi, Hatu dan Seith. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi mikroorganism kontaminan pada biji pala di tingkat petani, pedagang pengumpul dan eksportir. Hasil penelitian menunjukkan adanya penanganan pasca panen pala yang belum dilakukan secara baik dan benar, salah satunya di tingkat petani dan pedagang pengumpul tidak melakukan pengukuran kadar air biji pala. Hal ini penting dalam menunjang keberadaan mikroorganism kontaminan pada biji pala tersebut. Mikroorganism kontaminan yang ditemukan pada biji pala adalah jamur *Aspergillus flavus*, *Aspegillus niger*, *Rhizopus stolinifer*, *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Colletotrichum gloesporioides*. Mikroorganism kontaminan yang ditemukan pada biji pala di tingkat petani dan pedagang pengumpul tidak berbeda yakni ditemukan lima jenis yaitu *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolinifer*, *Penicillium* sp., dan *Thricoderma* sp., berbeda dengan dua jenis mikroorganism kontaminan yang ditemukan pada biji pala di tingkat eksportir yaitu *Rhizopus stolinifer* dan *Colletotrichum gloesporioides*.

Kata kunci: Biji pala, Identifikasi, Mikroorganism kontaminan

Abstract

Nutmeg is one of the largest suppliers of nutmeg needs in the world, especially Indonesia because Indonesia is the largest exporter of nutmeg seeds and mace in the world market. The problem faced is that nutmeg commodities from Indonesia have experienced 20 cases of rejection of Indonesian nutmeg by the European Union due to contamination of the fungus Aspergillus flavus in exported nutmeg seeds. There needs to be serious handling efforts to minimize contaminant microorganisms in nutmeg seeds. This research was conducted in the lands of Allang, Liliboi, Hatu and Seith. The aim of the study was to identify contaminant microorganisms in nutmeg seeds at the level of farmers, collectors and exporters. The results showed that post-harvest handling of nutmeg had not been carried out properly and correctly, one of which was at the farmer level and collector traders did not measure the moisture content of nutmeg seeds. This is important in supporting the presence of contaminant microorganisms in the nutmeg seeds. The contaminant microorganisms found in nutmeg were Aspergillus flavus, Aspegillus niger, Rhizopus stolinifer, Penicillium sp., Trichoderma sp., and Colletotrichum gloesporioides fungi. The contaminant microorganisms found in nutmeg seeds at the farmer and collector level were not different, namely five types, namely Aspergillus flavus, Aspergillus niger, Rhizopus stolinifer, Penicillium sp., and Thricoderma sp., in contrast to

the two types of contaminant microorganisms found in nutmeg seeds in exporter level, namely Rhizopus stolonifer and Colletotrichum gloeosporioides.

Keywords: Contaminant microorganisms, Identification, Nutmeg

PENDAHULUAN

Perkebunan merupakan salah satu sektor andalan bagi perkembangan perekonomian di Indonesia, karena merupakan salah satu sektor penyumbang devisa negara, dan juga berkontribusi sebagai penyedia lapangan pekerjaan bagi masyarakat Indonesia. Permasalahan yang dihadapi antara lain masih rendahnya kualitas hasil atau produk yang diperoleh dari usaha perkebunan itu sendiri, baik produk primer maupun produk sekunder. Penerapan standar mutu mulai dari kegiatan di lapangan hingga sampai pada meja konsumen, dengan istilah *from land to table*. Peningkatan mutu dan standarisasi dilakukan melalui kebijakan penerapan SNI, wajib mulai dari tingkat petani sampai pada pelaku usaha. Salah satu bagian dalam penerapan standar mutu yaitu penerapan sistem jaminan mutu *Good Agricultural Practices (GAP)*, *Good Handling Practices (GHP)*, *Good Manufacturing Practices (GMP)* dan *Sanitary and Phytosanitary (SPS)* untuk perkarantinaan pertanian, serta berbagai macam sertifikasi lainnya seperti *Global GAP*, *Organic Farming*, *Keamanan Pangan/HACCP*, serta *Maximum Residue Limit (MRL)* untuk produk komoditas strategis.

Pala merupakan sub sektor penyumbang pendapatan besar bagi negara karena Indonesia merupakan negara pengekspor biji pala dan fuli terbesar di pasaran dunia (sekitar 60%), dan sisanya dipenuhi dari negara lainnya seperti Grenada, India, Sri Lanka dan Papua New Guinea. Permintaan ekspor terhadap produk dari pala yang terbesar adalah biji pala kering (*nutmeg in shell* dan *nutmeg shelled*), fuli (*mace*) dan minyak pala (*essential oil of nutmegs*). Komoditas pala asal Indonesia pernah mengalami masalah yaitu pada periode tahun 2009-2011 terjadi 20 kasus penolakan pala Indonesia oleh Uni Eropa disebabkan karena adanya kontaminasi jamur jenis *Aspergillus flavus* pada biji pala yang diekspor. Perlu adanya upaya penanganannya secara serius meminimalisasikan mikroorganisme kontaminan yang merupakan salah satu kendala dalam peningkatan kualitas biji pala.

Menurutnya kualitas biji pala dapat disebabkan karena keberadaan mikroorganisme kontaminan seperti jamur *Penicillium* sp. dan *Aspergillus* sp. dan terkait dengan mikotoksin yang diproduksi oleh jamur-jamur tersebut yang sangat berpengaruh negatif terhadap kesehatan manusia, seperti dapat menyebabkan kanker hati (Pamela, 2013;

Pesavento *et al.*, 2016; MacDonald *et al.*, 2016; Spurthi *et al.*, 2017; Sheila *et al.*, 2018; Ahmad *et al.*, 2018; Helmet *et al.*, 2019; Nanditha *et al.*, 2019). Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) PBB telah memperkirakan bahwa 25 persen tanaman pangan dunia terkontaminasi oleh mikotoksin setiap tahun (Dahman-levinson *et al.*, 2006 dalam Krishna, 2014). Mikotoksin adalah metabolit sekunder dari jamur. Genera jamur utama yang memproduksi mikotoksin termasuk *Aspergillus*, *Fusarium* dan *Penicillium*, yang dapat tumbuh pada makanan seperti sereal, kacang-kacangan, buah-buahan kering, rempah-rempah dan kacang-kacangan di bawah kondisi lingkungan tertentu. Mikotoksin yang paling umum adalah aflatoksin, ochratoxin, fumonisins, deoxynivalenol, dan zearalenone. Jamur, *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. clavatus*, *A. niger* dan *A. nominus* menghasilkan aflatoksin. *A. flavus* adalah produsen aflatoksin yang paling umum (Bradburn *et al.*, 1993). Aflatoksin adalah salah satu zat paling karsinogenik yang dikenal dan empat aflatoksin utama adalah aflatoksin B1, B2, G1 dan G2. Ochratoxin diproduksi oleh jamur *A. ochraceus*, *A. parasiticus* dan *P. verrucosum* (Kuiper-Goodman, 1991 dalam Krishna, 2014; Gary *et al.*, 2018).

Nurtjahja *et al.* (2018) mengemukakan bahwa jamur kontaminan yang ditemukan pada biji pala asal Sulawesi Utara yang disimpan pada kondisi radiasi sinar gamma adalah *A. plavus*, *A. niger*, *Cladosporium cladosporioides*, *Eurotium chevalieri*, dan *P. citrinum*. Mikroorganisme kontaminan yang ditemukan pada beberapa rempah (*spices*) di India adalah jamur *A. plavus*, *A. alutuceus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. sulphureus*, *Cladosporium macrocarpum*, *Erotium sp.*, *Rhizopus stolinifer*, *Fusarium verticilloides* dan *Penicillium sp.*, sedangkan empat jenis bakteri yang ditemukan adalah *Enterobacter sakazakii*, *Actinobacter sp.*, *Chromobacterium violaecum*, dan *Flavobacterium sp.* (Ahene *et al.*, 2011; Hashem & Alamri, 2010 dalam Kiki, 2019; Nanditha & Keller, 2019).

Pengusahaan pala yang intensif di Maluku dapat menyebabkan terjadinya interaksi antara tanaman pala dengan lingkungannya, baik lingkungan abiotik maupun lingkungan biotik, memungkinkan keberadaan mikroorganisme kontaminan itu pada biji pala, dan sampai saat ini belum ada data yang pasti mengenai keberadaan mikroorganisme kontaminan tersebut. Hal ini merupakan salah satu faktor yang harus mendapat perhatian dalam pengembangan pala khusus di Maluku yang merupakan salah satu sentra produksi pala Indonesia. Nurjannah (2014) mengemukakan bahwa Indonesia merupakan salah satu penghasil biji dan bunga pala yang terbesar di pasaran dunia adalah Grenada dan Srilangka. Mutu biji dan fuli pala yang dihasilkan Grenada diakui lebih baik daripada yang dihasilkan

Indonesia. Biji pala dari Grenada tidak ada yang keriput karena dipanen dalam keadaan benar-benar tua atau sudah jatuh dari pohon. Penanganannya juga lebih baik, antara lain dilakukan fumigasi untuk mencegah timbulnya jamur. Sebenarnya dari bahan bakunya, biji dan fuli pala asal Indonesia sudah diakui kualitasnya dari jaman dahulu, namun penanganan pascapanennya masih perlu lebih disempurnakan. Untuk tahun-tahun terakhir ada kecenderungan penurunan produksi biji pala dari Grenada. Selain itu adanya permintaan pala organik merupakan peluang yang baik bagi pengembangan pala Indonesia. Pada bulan April 2019, Direktur Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian telah meluncurkan ekspor biji pala dan bunga pala organik asal Maluku ke tiga negara tujuan yakni Belanda, Uni Emirat Arab dan India. Bunga pala yang diekspor sebanyak 83 ton dan bunga pala 60 ton dengan total nilai mencapai Rp. 24.075.000.000 (<https://ambon.antaranews.com/berita/59309/maluku-ekspor-biji-dan-bunga-pala-organik>). Peluang ini perlu disambut baik dengan menghasilkan komoditas biji pala yang bebas dari mikroorganisme kontaminan. Untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme kontaminan pada biji pala di pulau Ambon, perlu dilakukan survei penanganan pascapanen dari tingkat petani sampai eksportir.

Hasil observasi awal terhadap proses penanganan pascapanen pala di Pulau Ambon yaitu di Negeri Hatu, Liliboi, Allang dan Seit terlihat bahwa penanganan proses tersebut kurang memperhatikan faktor keamanan pangan seperti proses penjemuran biji pala tanpa menggunakan alas. Hal ini memungkinkan terjadinya kontak antara mikroorganisme kontaminan dengan biji pala, sehingga mikroorganisme tersebut dapat tersebar atau terbawa bersama biji pala sampai pada proses pemasaran apabila tidak dilakukan tindakan pengendalian. Christensen & Kaufmann dalam Krishna (2014) mengemukakan bahwa biji pala terkena berbagai mikroorganisme kontaminan selama penangananan proses pra panen, pascapanen, dan selama penyimpanan. Kerusakan biji pala oleh mikroorganisme kontaminan merupakan masalah utama di daerah tropik dan subtropik, di mana kondisi iklim dan penanganan penyimpanan sangat kondusif terhadap pertumbuhan jamur kontaminan dan produksi toksin. Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian mengidentifikasi mikroorganisme kontaminan pada biji pala di Pulau Ambon guna menetapkan tindakan pengendaliannya.

METODE

Penelitian survei lapangan dilaksanakan di empat desa (lokasi) penghasil pala di pulau Ambon meliputi Negeri Hatu, Liliboi, Allang dan Seith. Pengambilan sampel biji

pala dilakukan di tingkat petani dan pedagang pengumpul, serta kedua eksportir di Kota Ambon. Penelitian laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Diagnosis Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. Penelitian ini berlangsung selama 1 bulan.

Bahan dan alat yang digunakan dalam survei lapangan adalah sebagai berikut: *cooling box*, thermohyrometer, mikroskop binokuler, kantong plastik transparan (*ziplock bags*), kertas tissue, kamera, kaca pembesar dan kuesioner.

Alat dan bahan yang digunakan adalah meliputi tabung reaksi, erlenmeyer, cawan Petri, tissue, Impu spirtus, jarum ose, *laminar air flow*, inkubator, pemanas (*heat and stirrer*), *freezer*, mikroskop binokuler, minyak emersial, pewarna metylen blue, media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Alat dan bahan yang digunakan untuk mengidentifikasi mikroorganisme kontaminan adalah mikroskop binokuler, camera samsung 13 megapixel, dan referensi identifikasi mikroorganisme kontaminan.

Survei untuk pengambilan sampel biji pala dilakukan pada berbagai tempat penyimpanan berdasarkan jalur perdagangan biji. Menurut Yolanda (2008), jalur perdagangan biji pala melibatkan produsen biji pala, pedagang perantara, pedagang pengumpul dan eksportir. Biji pala sampel diperoleh dari sepuluh produsen biji pala pada setiap desa sampel, dua pedagang pengumpul, dan dua eksportir. Sampel biji pala yang diambil untuk setiap petani sampel (produsen biji pala) sebanyak seperempat kilogram (250 gram), sedangkan untuk setiap pedagang pengumpul diambil setengah kilogram (500 gram) sebagai sampel. Biji pala sampel yang diambil pada gudang eksportir adalah masing-masing sebanyak 2 kilogram. Biji pala sampel yang ditetapkan secara acak dan dimasukkan langsung ke dalam plastik transparan kemudian dimasukkan dalam cool box, langsung di bawa ke laboratorium dan disimpan dalam *freezer* pada suhu 4°C.

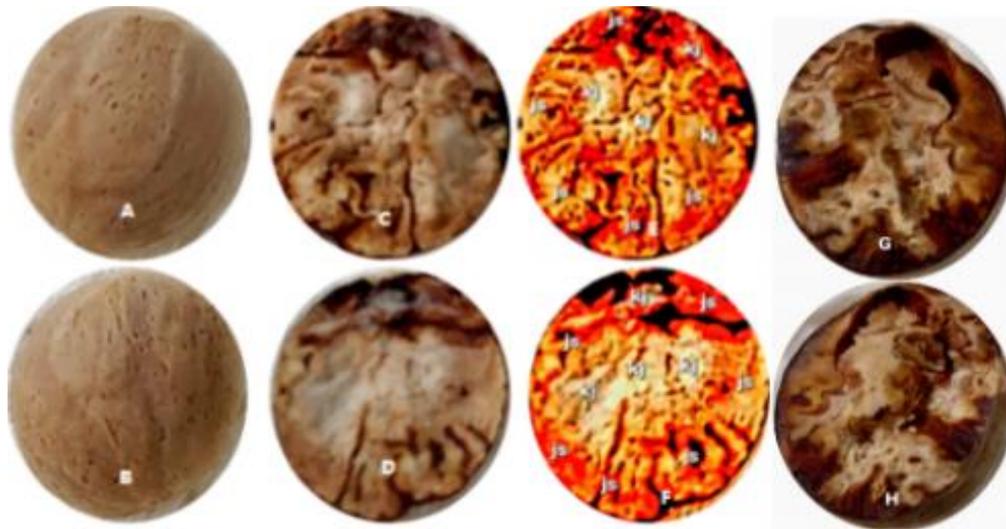
Karakteristik biakan mikroorganisme kontaminan yang diperoleh seperti jenis koloni, tekstur dan warna koloni diamati secara makroskopik (pada media) dan mikroskopik (*slide culture*). Pengamatan mikroskopik terhadap mikroorganisme kontaminan dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler pada pembesaran 100 dan 400 kali. Hasil pengamatan kemudian difoto dengan menggunakan kamera samsung dengan kekuatan 13 megapixel. Dokumentasi hasil pengamatan secara makro maupun mikroskopik dibandingkan dengan ciri-ciri morfologi mikroorganisme kontaminan pada kunci identifikasi guna menetapkan jenis mikroorganisme kontaminan pada biji pala. Salah satu kunci identifikasi yang digunakan adalah Taxonomy of *Aspergillus section Flavi* and

their production of aflatoxins and other mycotoxins (Samson & Varga, 2007; Frisvad *et al.*, 2019; Joya *et al.*, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala keberadaan mikroorganisme kontaminan pada biji pala

Biji pala yang kelihatan permukaannya mulus, artinya tidak terlihat adanya tanda mikroorganisme seperti miselium pada permukaan bijinya, belum tentu didalamnya juga sehat, seperti ditemukan pada biji pala milik petani di Negeri Liliboi dan Hatu. Ketika biji pala tersebut dibelah, terlihat adanya tanda jamur pada bagian dalam biji pala (Gambar 1).



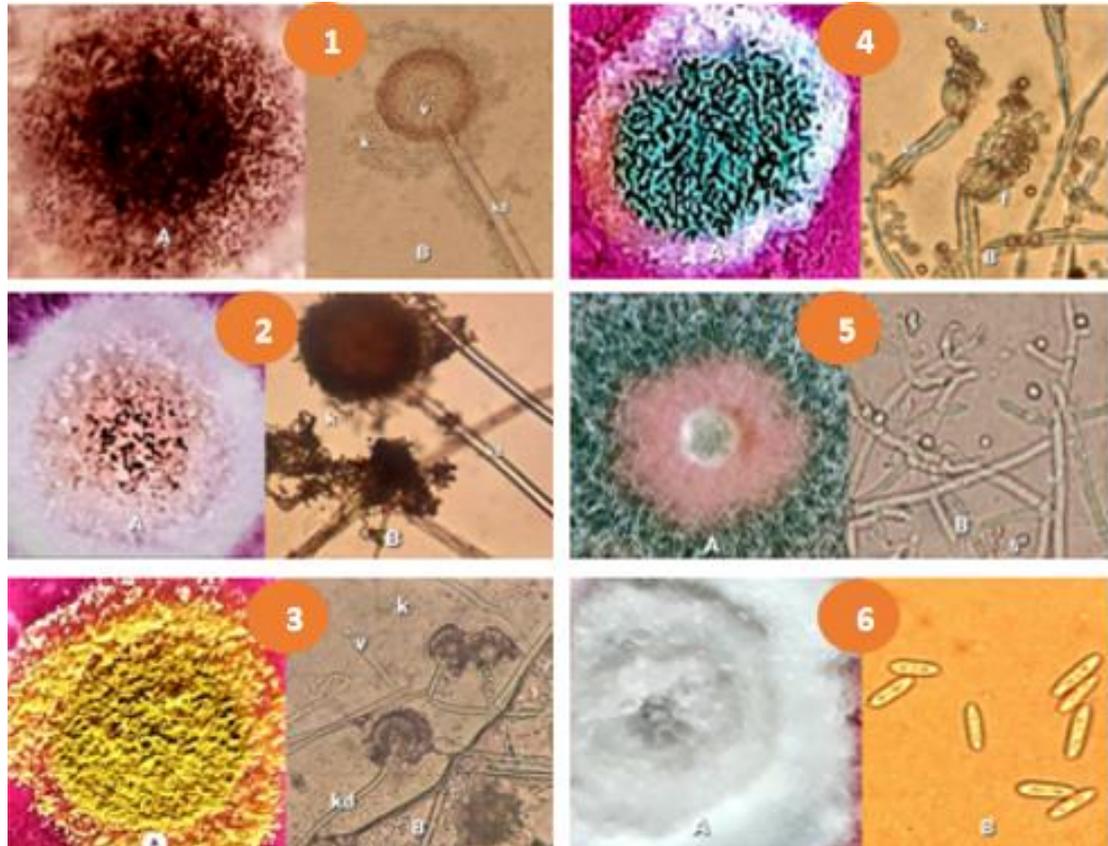
Gambar 1. Penampakan biji pala yang terkontaminasi mikroorganisme pada bagian dalam biji, dibandingkan dengan bagian dalam biji pala yang sehat

Keberadaan mikroorganisme kontaminan pada permukaan biji pala secara kasat mata tidak kelihatan, bahkan permukaan biji pala kelihatan mulus. Adanya keberadaan mikroorganisme pada biji pala diketahui setelah dilakukan isolasi pada media biakan PDA (*Potato Dextrose Agar*).

Mikroorganisme kontaminan yang ditemukan pada biji pala milik petani di Negeri Hatu, Liliboi, Allang dan Seith adalah jamur *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.* dan *Colletotrichum gloeosporioides*. Keenam mikroorganisme yang tergolong jamur ini memiliki karakteristik yang berbeda, baik karakteristik koloni jamur dalam media biakan maupun karakteristik morfologi berdasarkan pengamatan mikroskopik. Hasem dan Alamri (2010) menemukan jamur kontaminan pada 15 jenis rempah kering yang dijual di pasar, dimana diisolasi 520 isolat jamur dan teridentifikasi 57 spesies pada rempah tersebut, antara lain *Aspergillus spp.*,

Penicillium spp., dan *Rhizopus spp.* Persentase terbesar jamur yang ditemukan sebanyak 90% adalah *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, dan *Penicillium sp.*, sedangkan 10% spesies jamur kontaminan lainnya.

Karakteristik mikroorganisme kontaminan



Gambar 2. Karakteristik koloni 5 HSI pada media PDA dan morfologi pada pembesaran 400 x mikroorganisme kontaminan pada biji pala (1: koloni *A. flavus* dan morfologinya, kd: konidiofor, k: konidia, v: vesikel, pembesaran; 2: *R. stolonifer* dan morfologinya, kd: konidiofor, k: konidia; 3: *A. niger* dan morfologinya; 4: *Penicillium sp.* dan morfologinya, kd: konidiofor, k: konidia, f: fialid; 5: *Trichoderma sp.* dan morfologinya, kd: konidiofor, s: spora, f: fialid; 6: koloni dan konidia *C. gloeosporioides*)

Jenis mikroorganisme kontaminan pada biji pala yang ditemukan pada tingkat petani hampir sama dengan mikroorganisme kontaminan yang ditemukan pada biji pala milik pedagang pengumpul yaitu *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium sp.*, *Rhizopus stolonifer*, dan *Trichoderma sp.*, sedangkan pada biji pala di tingkat eksportir hanya ditemukan jamur *Rhizopus stolonifer*.

Keberadaan mikroorganisme kontaminan ditemukan baik di tingkat petani, pedagang pengumpul, maupun di tingkat eksportir. Hal ini dapat disebabkan karena teknik

penanganan pasca panen pala yang dilakukannya belum sesuai dengan standar penanganan pasca panen pala, seperti pengontrolan terhadap kadar air biji pala khususnya pada tingkat petani dan pedagang pengumpul. Umumnya para petani dan pedagang pengumpul tidak melakukan pengukuran kadar air biji pala, sedangkan pada tingkat eksportir dilakukan pengontrolan terhadap kadar air biji pala dan dibarengi dengan pengeringan kembali apabila kadar airnya di atas 10%. Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 53 Tahun 2012 tentang standar mutu biji pala dan fuli di Indonesia, khusus terkait spesifikasi persyaratan umum mutu biji pala dan fuli antara lain kadar air maksimum 10%. Kadar air biji pala yang terlalu tinggi atau lebih dari 10% dapat menunjang perkembangan mikroorganisme kontaminan pada biji pala. Penyimpanan pala kering seperti produk simpanan lainnya bersifat higroskopis dan cenderung menyerap uap air dari lingkungan. Proses ini mengarah pada peningkatan kadar air biji (kernel), hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada sebagian besar rempah-rempah oleh jamur-jamur kontaminan dalam penyimpanan (Stankovic *et al.*, 2006; Toma & Abdulla, 2013).

Menurut Citranirmala (2016), pencegahan kontaminasi kapang toksigenik sejak panen dan pascapanen dilakukan dengan menerapkan penanganan pala sesuai dengan menerapkan *Good Handling Practice* (penanganan pascapanen hasil pertanian asal tanaman yang baik) pada rantai pasok pala sebagaimana tercantum pada Permentan Nomor 53 Tahun 2012. Dengan dilakukannya evaluasi peraturan tersebut pada tahap panen dan pasca panen di tingkat petani, pedagang pengumpul dan eksportir, dapat diketahui tahapan yang berpotensi terkontaminasi kapang toksigenik penghasil aflatoksin.

Jamur *A. flavus* dan *A. niger* yang berpotensi memproduksi aflatoxin hanya ditemukan pada tempat penyimpanan biji pala di tingkat petani dan pedagang pengumpul di Negeri Allang, Liliboi, Hatu, dan Seith, sedangkan kedua mikroorganisme tersebut tidak ditemukan di tingkat eksportir. Keberadaan kedua jamur tersebut mengindikasikan bahwa produksi aflatoxin dapat terjadi pada biji pala di tingkat petani dan pedagang pengumpul, sedangkan di tingkat ekportir tidak ada karena tidak ditemukan keberadaan kedua jenis jamur tersebut. Mahato *et al.* (2019) mengemukakan bahwa biji pala dan fuli mengalami kerusakan dan pembusukan oleh sejumlah jamur dan dapat memproduksi aflatoksin selama penyimpanan, meliputi *Acremonium restrictum*, *A. strictum*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. sclerotiorum*, *Emericella nidulans*, *Eurotium amestelo*, *Fusarium moniliforme*, *Penicillium chrysogenum* dan *Syncephalastrum racemosum*. Menurut WHO (2018), dua spesies jamur yang terkait erat dalam memproduksi aflatoksin dan signifikan terhadap kesehatan

masyarakat adalah *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus*. Dalam kondisi yang menguntungkan biasanya kedua jamur tersebut ditemukan di daerah tropis dan subtropis, seperti kondisi suhu tinggi dan kelembaban tinggi, dimana jamur tersebut biasanya ditemukan pada vegetasi yang sudah mati dan membusuk sehingga sewaktu-waktu dapat mengkontaminasi bahkan menginfeksi tanaman dan produk pertanian..

Beberapa hasil penelitian tentang infeksi jamur pada tahap pasca panen hasil pertanian berhubungan juga dengan kadar air pada biji pala. Untuk menghambat perkembangan jamur kontaminan, kadar air produk harus dikontrol selama proses penyimpanan, disamping kelembapan udara di sekitarnya harus diturunkan (Jayas dan White, 2003). Efek kadar air yang terkandung pada produk pertanian pada tahap pasca panen dapat menyebabkan keberadaan populasi jamur pada biji pala selama penyimpanan seperti *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Fusarium* yang tersebar di mana-mana sebagai jamur saprofit. Mikotoksin diproduksi sebagai hasil metabolisme sekunder jamur, yang paling umum adalah aflatoksin. Ini terutama diproduksi oleh dua spesies jamur yakni *A. flavus* dan *A. parasiticus*, dan jarang oleh *A. nomius*, yang dapat tumbuh di banyak jenis makanan, terutama dalam sereal. Pertumbuhan jamur kontaminan pada produk pertanian dan makanan di berbagai negara produsen, ditunjang oleh kondisi suhu 25-30°C, kelembaban antara 88% dan 95%, dan kadar air biji lebih besar dari 0,78. Selanjutnya pada kondisi lingkungan tersebut mikotoksin sangat mungkin untuk diproduksi (Pesavento *et al.*, 2016). Menurut WHO (2018), dua spesies jamur yang terkait erat dalam memproduksi aflatoksin dan signifikan terhadap kesehatan masyarakat adalah *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus*. Dalam kondisi yang menguntungkan biasanya kedua jamur tersebut ditemukan di daerah tropis dan subtropis, seperti kondisi suhu tinggi dan kelembaban tinggi, dimana jamur tersebut biasanya ditemukan pada vegetasi yang sudah mati dan membusuk sehingga sewaktu-waktu dapat mengkontaminasi bahkan menginfeksi tanaman dan produk pertanian. Dikemukakan juga bahwa stres kekeringan, kerusakan oleh serangga, dan kondisi tempat penyimpanan yang buruk, juga dapat berkontribusi pada kemunculan jamur kontaminan yang lebih banyak. Apabila jamur *Aspergillus* seperti *A. flavus* tidak dikendalikan, akan menginfeksi manusia. Menurut Correa dos Santos *et al.* (2021), jamur *Aspergillus spp.* akan menyebabkan aspergillosis, menginfeksi jutaan orang setiap tahun. Menurut Chinganda *et al.* (2021), jamur *Aspergillus* dapat mencemari makanan dan pakan dengan aflatoksin. Castana-Duque *et al.* (2021) mengemukakan bahwa *Aspergillus flavus* adalah jamur patogen yang mampu menghasilkan aflatoksin, toksin karsinogenik yang

terakumulasi setelah terjadi infeksi. Metabolit jamur beracun ini membahayakan kesehatan manusia dan hewan serta mengganggu perdagangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Mikroorganisme kontaminan yang ditemukan pada biji pala adalah jamur *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium sp.*, dan *Trichoderma sp.*, dan *Colletotrichum gloeosporioides*. Keberadaan mikroorganisme kontaminan pada biji pala di tingkat petani dan pedagang pengumpul tidak berbeda yakni ditemukan lima jenis mikroorganisme yakni *A. flavus*, *A. niger*, *R. stolonifer*, *Penicillium sp.*, dan *Trichoderma sp.*, berbeda dengan dua jenis mikroorganisme kontaminan yang ditemukan pada biji pala di tingkat eksportir yaitu *R. stolonifer*.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait hubungan kadar air biji pala dengan keberadaan mikroorganisme kontaminan. Perlu dilakukan perbaikan terhadap teknik penanganan pasca panen pala di tingkat petani dan pedagang pengumpul guna mengurangi mikroorganisme kontaminan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkhadir, E. E., Al-Rashdi, A. T., Al-Bahry, N. S. & Bakheit, S. C. (2003). Fungi and mycotoxins associated with spices in the Sulthanate of Oman. *Mycopathologia* 155: 155-160.
- Agus, R. & E. Martini. (2015). Pedoman budidaya pala pada kebun campur. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) bekerja sama dengan AGFOR Sulawesi, 79 p.
- Ahmad, F. A., J. G. Gibbons, M. K. Lee, K. H. Han, S. B. Hongo & J. H. Yu. (2018). Controlling aflatoxin contamination and propagation of *Aspergillus flavus* by a soy-fermenting *Aspergillus oryzae* strain *Scientific Reports*, 8:16871.
- Alvi, Y. (2004). Serangan cendawan pasca panen dan kontaminasi pada biji kopi di tingkat petani dan pedagang pengumpul di Provinsi Bengkulu. Tesis Sekolah Pasca Sarjana, IPB, 190 p.
- Bankole, S. A. & Joda, A. O. (2004). Effect of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) powder and essential oil on mould deterioration and aflatoxin contamination of melon seeds (*Colocynthis citrullus* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 3(1): 52-53.
- Bayman, P., Baker, J. L., Doster, M. A., Michailides T. J. & Mahoney N. E. (2002). Ochratoxin production by *Aspergillus ochraceus* and *Aspergillus alliaceus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 2326-2329.
- Dahmen-Levinson, U., Levinson, S. Mallwitz, F. & Abdallah, M. (2006). Fluorescence polarization - a rapid and reliable technique to quantify the Mycotoxin contamination study for zearalenone (ZON). International Conference on "Advances on Genomics, Biodiversity and Rapid Systems for Detection of Toxigenic Fungi and Mycotoxins" 26-29 September 2006, EU Project Mycoglobe, Monopoli (Bari), Italy, pp. 37-41.

- Devi. T. K., Mayo, M. A., Reddy, G., Reddy, S. V., Delfosse, P. & Reddy, D. V. R. (2000). Production of polyclonal antibodies against ochratoxin A and its detection in chillies by ELISA. *J. Agric. Food Chem.* 48: 5079-5082.
- Devi. T. K., Mayo, M. A., Reddy, G., Tangni, E. K., Larondelle, Y. & Reddy, D.V. (2001). Occurrence of ochratoxin A in black pepper, coriander, ginger and turmeric in India. *Food Additives Contaminants* 18: 830-835.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (Directorate general of Estate Crops). (2017). *Statistik Perkebunan Indonesia (Tree Crop Estate Statistics on Indonesia 2015-2017, Pala (Nutmeg)*, Jakarta, 43 p.
- EFSA (European Food Safety Authority). (2006). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Ochratoxin A in food. *EFSA J.* 365: 1-56.
- Fazekas, B., Tar, A. & Kovacs, M. (2005). Aflatoxin and ochratoxin A content of spices in Hungary. *Food Additives Contaminants* 22: 856-863.
- Frisvad, J. C., V. Hubka, C. N. Ezekiel, S. B. Hong, A. Novakov, M. Arzanlou, T. O. Larsen, F. Sklenar, W. Mahakarnchanakul, R. A. Samson, & J. Houbraken. (2019). Taxonomy of *Aspergillus* section *Flavi* and their production of aflatoxins, ochratoxins and other mycotoxins. *Studies in Mycology* 93: 1–63.
- Galvano, F., Piva, A., Ritieni, A. & Galvano, G. (2001). Dietary strategies to counteract the effect of mycotoxins: A review. *J. Food Prot.* 64: 120-131.
- Garbowska, M., A. Berthold-Pluta, & L. Stasiak-Rozanska. (2015). Microbiological quality of selected spices and herbs including the presence of *Cronobacter* spp. *Journal Food Microbiology* 49 (2015) 1-5.
- Gary L.W., P William, J. E. Mylroie, C. X. Reid, & D. Womack. (2018). A Histological Study of *Aspergillus flavus* Colonization of Wound Inoculated Maize Kernels of Resistant and Susceptible Maize Hybrids in the Field. *Frontiers in Microbiology*, Volume 9 Article 799.
- Giancarlo, P., A. Gallo, & A. F. Logrieco. (2014). Biodiversity of *Aspergillus* section *Flavi* in Europe in relation to the management of aflatoxin risk. *Frontiers in Microbiology*, Volume 5 Article 377,1.
- Holley, R. A. & Patel, D. (2005). Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiol.* 22: 273- 292.
- Helmet, J. F., S. J. Pratters & M. Hoenig. (2019). Editorial: Diagnostic approaches for aspergillus Infections. *Frontiers microbiology* volume 10 Article 446.
- IISR (Indian Institute of Spices Research). (2012). Annual report 2011-2012. Management of mycotoxin contamination in spices. pp 14-15.
- Jalili, M. & Jinap, S. (2012). Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial dried chilli. *Food Control* 24(1): 160-164.
- Joya, M., A. Carvajal-Campos, A. Querin, S. Tadrist, O. Puel, S Lorber, I. P. Oswald, M. Hamze, J. D. Bailly & S. Bailly. (2019). Morphologic, molecular and metabolic characterization of *Aspergillus* section *Flavi* in spices marketed in Lebanon. *Scientific Reports* 9:5263.

- Juglal, S., Govinden, R. & Odhav, B. (2002). Spice oils for the control of co-occurring mycotoxins producing fungi. *J. Food Prot.* 65:683-687.
- Kiki, N. (2019). Fungal Infection and Aflatoxin Contamination on Dried-Stored Spices. *International Journal of Ecophysiology* Vol. 01, No. 01, 19 – 25.
- Krisna, A. (2014). Investigation on the Mycoflora of Nutmeg in Storage and the Associated Mycotoxin. Thesis. Department of Plant Pathology College of Agriculture, Kerala, India. 86 p.
- Medina, A., Mateo, R., Lopez-Ocana, L., Valle-Algarra, F. M. & Jimenez, M. (2005). Study of Spanish grape mycobiota and ochatoxin A production by isolates of *Aspergillus tubingensis* and other members of *Aspergillus* section *nigri*. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 4696-4702.
- Nandhita, V. & N. P. Keller. (2019). Mycotoxins in Conversation With Bacteria and Fungi. *Frontiers in Microbiology* Volume 10 Article 403.
- Nurdjanah, N. (2007). Teknologi pengolahan pala. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian, 2007. Jakarta.
- Pamella, M. (2013). Preliminary investigation of the natural contamination of agricultural crops with selected mycotoxins in Northern rural south Africa. A thesis submitted in fulfillment of the requirements of the degree of Magister Science in Chemistry in the Department of Chemistry Faculty of Science, University of the Western Cape. 236 p.
- Sheila, O., M. De Boevre, A. Vidal, Jose Diana D. M, S. Landschoot, M. Kyallo, J. Njuguna, J Harvey, & S. De Saeger. (2018). Genetic and Toxigenic Variability within *Aspergillus flavus* Population Isolated from Maize in Two Diverse Environments in Kenya. *Frontiers in Microbiology*, Volume 9, Article 57.
- Spurthi, N. N., G. Agarwal, M. K. Pandey, H. K. Sudini, A. S. Jayale, S. Purohit, A. Desai, L. Wan, B. Guo, B. Liao & R. K. Varshney. (2017). *Aspergillus flavus* infection triggered immune responses and host-pathogen cross-talks in groundnut during in-vitro seed colonization, *Scientific Reports*, 7: 9659.