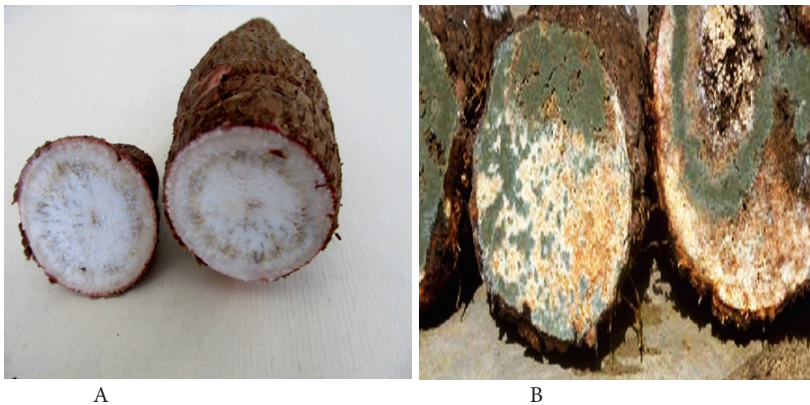


VII. PENYAKIT PASCAPANEN

Umbi sebagai organ hidup tanaman tetap melakukan metabolisme dan respirasi setelah dipanen. Berbeda dengan ubi jalar atau talas, dimana ubi juga berfungsi sebagai alat perkembangbiakan, umbi ubi kayu hanya berfungsi sebagai penyimpan energi (hasil fotosintesa). Umbi ubi kayu merupakan bahan yang tidak tahan lama disimpan dan mudah rusak (*perishable*). Secara umum umbi tidak dapat disimpan lebih dari 3 x 24 jam setelah dipanen karena umbi telah menjadi poyoh, jaringan pengangkutan berwarna biru yang dikenal dengan *vascular streaking*, yang selanjutnya diikuti oleh perubahan warna jaringan yang menyimpan pati sehingga umbi tidak dapat diterima oleh konsumen (Gambar 19 a).

Dibedakan dua deteriorasi/kemrosotan setelah panen (*post harvest deterioration*) yaitu deteriorasi fisiologi utama (*primary physiological deterioration*) yang menyebabkan perubahan warna internal dan deteriorasi sekunder (*secondary deterioration*) akibat infeksi mikroorganismenya (Booth dan Coursey 1974). Deteriorasi fisiologi merupakan proses yang kompleks. Deteriorasi fisiologi seringkali dianggap sebagai respons adanya pelukaan dimana proses penyembuhannya tidak cukup baik. Penelitian lebih mendalam menunjukkan bahwa deteriorasi fisiologi ternyata diikuti dengan peningkatan aktivitas beberapa enzim seperti *phenyl alanine ammonia lyase* dan *polyphenyl oxidase*, *sintesis lignin*,



Gambar 19. A. Gejala deteriorasi fisiologis (poyoh), B. Infeksi patogen pada ubi dalam simpanan.

akumulasi senyawa phenol termasuk *coumarin*, *catechin* dan *flavonoid* (Buschman *et al.* 2000). Untuk mencegah kerusakan akibat deteriorasi fisiologis dapat dilakukan dengan modifikasi genetik yang mempengaruhi sistem metabolisme dan perbaikan cara penyimpanan (Rickard dan Coursey 1981; Balagopalan 2000).

Dalam Bab ini penulisan lebih difokuskan pada jasat mikroorganisme (jamur dan bakteri) yang terlibat dalam deteriorasi sekunder. Menurut Rodriquez (1998), sebetulnya selama proses deteriorasi fisiologi pasca panen (*post harvest physiological deterioration*), umbi menghasilkan/memproduksi metabolit sekunder seperti flavonoid dan coumarin (*scopoletin*, *esculin* dan *esculetin*) yang berfungsi sebagai *phytoalexin* (senyawa dengan berat molekul rendah bersifat anti mikroba) untuk mempertahankan diri terhadap infeksi yang terjadi setelah panen dan selama dalam penyimpanan. Namun pada kondisi yang mendukung perkembangan patogen, peran zat anti mikroba tersebut tidak mampu membendung infeksi patogen.

Adanya sejumlah jenis bakteri dan jamur yang berhasil diisolasi dari ubi yang disimpan dengan berbagai kondisi menunjukkan bahwa kerusakan ubi ubi kayu adalah hal yang kompleks, melibatkan lebih dari satu mikroorganisme (Gambar 19 B). Menurut Majumder (1955 *cit.* FAO 1985) terdapat dua tipe busuk yang berbeda yaitu busuk kering yang terjadi pada keadaan aerob dan disebabkan oleh jamur *Rhizopus* sp. dan busuk basah yang terjadi pada keadaan anaerob, disebabkan oleh *Bacillus* sp. Tapi penelitian yang lebih detail oleh Ekundayo dan Daniel (1973) menunjukkan bahwa busuk basah ubi kayu juga dapat disebabkan oleh kompleks jamur antara lain: *Lasiodiplodia theobromae*, *Aspergillus nigervan*, *A. flavus*, *Cylindricarpon candidum* dan *Trichoderma harzianum*. Booth (1977) melalui penelitian yang cermat pada deteriorasi ubi kayu, berhasil mengisolasi dari permukaan ubi beberapa spesies *Phytium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Glomerella*, *Gloesporium*, *Rhizoctonia*, *Bacillus*, *Xanthomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium* dan beberapa bakteri saprofit, tetapi tidak berhasil mengisolasi mikroorganisme yang spesifik dari batas deteriorasi pada daging ubi. Oleh karena itu disimpulkan bahwa pada awal deteriorasi umbi yang dicirikan dengan perubahan warna jaringan pengangkutan tidak secara inheren adalah hasil infeksi patogen dan stadia selanjutnya terutama kerusakan umbi yang lanjut disebabkan oleh sejumlah mikroorganisme saprofit.

Penelitian lebih akhir oleh Noon dan Booth (1977) berhasil mengisolasi sejumlah jamur dan bakteri dari umbi yang rusak berat. Uji patogenisitas isolat-

isolat tersebut dilakukan ke umbi segar yang baru dipanen dan disterilisasi permukaannya. Gejala *vascular streaking* dari umbi nampak selama penyimpanan selama 14 hari (pada suhu 25 °C). Selama 4 hari dari panen, lebih dari 50% umbi memperlihatkan gejala *vascular streaking*. Beberapa isolat terbukti bersifat patogenik ketika diinokulasikan ke umbi sehat antara lain *Botryodiplodia theobromae*, *Aspergillus flavus*, *Trichoderma harzianum* dan *Fusarium solani*. Dalam beberapa kasus umbi yang diinokulasi menunjukkan gejala *vascular streaking*, tapi tidak ada bukti hal tersebut berasosiasi dengan organisme yang diinokulasikan. Organisme yang diinokulasikan tidak dapat diperoleh kembali dari batas perubahan warna, meskipun dapat diperoleh dari tepi daerah yang mengalami nekrosis. Pada kasus lain, pembusukan disebabkan oleh patogen yang diinokulasikan, tetapi tidak terjadi gejala *vascular streaking*. Oleh karena itu disimpulkan bahwa *vascular streaking* adalah proses fisiologis.

Kerusakan dan penurunan kualitas umbi setelah dipanen dan disimpan dalam penyimpanan umumnya berasosiasi dengan infeksi jamur dan bakteri. Adanya kontaminasi mikroorganisme ini ditandai dengan adanya perubahan warna, penurunan kualitas dan nilai jual, dan adanya toksin (*mycotoxin*) yang dihasilkan mikroorganisme tersebut. Terlebih kondisi di daerah tropika (termasuk Indonesia) yang hangat dan lembab merupakan kondisi yang cocok untuk perkembangan jamur sehingga dalam waktu singkat miselia jamur dapat menutupi umbi yang disimpan tersebut.

Selain kondisi ruang penyimpanan yang kurang memadai, salah satu penyebab umbi ubi kayu menjadi cepat rusak oleh infeksi jamur/bakteri adalah kadar air umbi yang tinggi saat dipanen (lebih kurang 60%). Oleh karena itu di beberapa daerah terutama yang menggunakan ubi kayu sebagai makanan pokoknya, petani memproses menjadi beberapa produk dan mengeringkannya dengan sinar matahari sehingga kadar airnya lebih rendah antara lain dalam bentuk gablek, sawut, dan chip.

Patogen Penyebab

Di Indonesia, penelitian penyakit simpanan pada ubi kayu belum banyak dilakukan. Pusposendjoyo (1980 *cit.* Semangun 1991) melaporkan bahwa dari gablek yang berwarna hitam dapat diisolasi jamur *Rhizopus*, *Monilia*,

Botryodiplodia, dan *Fusarium*, sedang dari gaplek yang berwarna putih diisolasi jamur *Monilia*, *Botryodiplodia*, *Aspergillus* dan *Penicillium*.

Di Kamerun, Essono *et al.* (2007) berhasil mengisolasi 13 jenis *Aspergillus*. Diantaranya yang paling sering ditemukan adalah *A. flavus* dan *A. clavatus* diikuti *A. fumigatus*, *A. niger*, dan *A. ochraceous*, sementara yang paling jarang adalah *A. versicolor*.

Di Nigeria, Ikediugbo dan Ejale (1980) melaporkan bahwa dari permukaan umbi ubi kayu secara konsisten dapat diisolasi jamur *Aspergillus niger*, *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium solani*, *Penicillium javanicum*, *Penicillium* spp., dan *Trichoderma* spp. Di antara jamur tersebut, *B. theobromae* dan *F. solani* yang bersifat patogenik agresif terhadap umbi ubi kayu segar dan mengakibatkan busuk umbi, sementara *A. niger* bersifat agak lemah. Penelitian lebih lanjut oleh Ibrahim dan Shehu (2014) menunjukkan bahwa dari sembilan jenis jamur yang diisolasi dari tanah yang ditanami ubi kayu, yang paling sering ditemukan adalah: *Alternaria* sp., *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *Cylindrocarpon lichenicola*, *Fusarium oxysporum*, *Geotrichum candidum*, *Mucor biemalis*, *Rhizopus oryzae* dan *Scopulariopsis candida*. *A. niger* paling banyak/sering diperoleh (39,5%) diikuti *F. oxysporum* (18,2%). Paling sedikit adalah *R. oryzae* (2,3%). Uji patogenisitas menunjukkan semua jamur patogenik terhadap umbi, yang paling patogenik adalah *M. hiemalis* diikuti *F. Oxysporum* dan paling lemah adalah *R. oryzae*. Terdapat hubungan antara jamur tanah dan kejadian penyakit busuk umbi setelah dipanen.

Beberapa jamur yang terlibat dengan kerusakan umbi/chip ubi kayu terdapat pada Tabel 6.

Arti Penting

Kontaminasi dan infeksi umbi oleh jamur atau bakteri akan mengakibatkan umbi menjadi rusak dan busuk, kandungan unsur dan nilai gizinya rendah sehingga tidak dapat diterima konsumen. Selain merusak fisik dan nilai gizi, beberapa jamur juga dapat menghasilkan toksin yang berbahaya bagi manusia ataupun hewan yang mengkonsumsi umbi atau produk umbi yang terkontaminasi tersebut (Essono *et al.* 2007), meskipun Gnonlonfin *et al.* (2008) berdasar hasil analisis menggunakan HPLC pada chip ubi kayu yang terinfeksi jamur *A. flavus*, *Fusarium verticillioides*, *Penicillium chrysogenum*, *Phoma sorghina*, *Rhizopus oryzae*, dan *Mucor piriformis* tidak menemukan kontaminasi aflatoksin dan fumonisin B1.

Tabel 6. Beberapa jenis jamur dan bakteri yang menyebabkan kerusakan ubi kayu/chip dalam simpanan

No	Jenis jamur/bakteri	Produk	Negara	Referensi
1	<i>Rhizopus</i> , <i>Monilia</i> , <i>Botryodiplodia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Aspergillus</i> , dan <i>Penicillium</i>	gapek	Indonesia	Pusposendjoyo 1980
2	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>niger</i> , <i>A. ochraceous</i> , <i>A. versicolor</i>	chip	Kamerun	Essono <i>et al.</i> 2007
3	<i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Aspergillus niger</i>	umbi	Nigeria	Okoi <i>et al.</i> 2014
4	<i>Alternaria</i> sp., <i>Aspergillus niger</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>Cylindrocarpon lichenicola</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Mucor biemalis</i> , <i>Rhizopus oryzae</i> dan <i>Scopulariopsis candida</i>	umbi	Nigeria	Ibrahim dan Shehu 2014
5	<i>A. flavus</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> , <i>Phoma sorghina</i> , <i>Rhizopus oryzae</i> , <i>Mucor piriformis</i> ,	Chip	Benin	Gnonlonfin <i>et al.</i> 2008

Kondisi ruang simpan terutama suhu diperkirakan berpengaruh terhadap proses sintesis mikotoksin.

Faktor yang Berpengaruh

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap infeksi patogen dan kerusakan umbi dan produknya di dalam penyimpanan antara lain adalah:

Kadar air produk

Menurut Essono *et al.* (2007), infeksi jamur penyakit simpanan pada chip ubi kayu dipengaruhi oleh kadar air umbi/produk. Terdapat korelasi negatif antara kadar air chip dengan lama penyimpanan. Makin tinggi kadar airnya, infeksi jamurnya menjadi semakin berat.

Luka dan kotoran

Adanya luka pada umbi saat dipanen dan kotoran/tanah yang melekat pada umbi akan memudahkan terjadi kontaminasi dan infeksi mikroorganisme pada umbi yang disimpan. Oleh karena itu menyimpan umbi yang utuh dan bersih merupakan cara untuk memperpanjang umur penyimpanan. Hasil penelitian oleh Champa *et al.* (2014) yang menggunakan umbi utuh, tidak ada kerusakan dan bersih dari tanah dan bahan lain berhasil disimpan dalam kotak terbuat dari kayu berukuran 75 x 60 x 60 cm dilapis aluminium foil, dan di antara umbi diberi lapis rumput *Panicum repens* kering tebal 15 cm, pada suhu 35 °C dan RH 96–98% hingga 21 hari, sementara umbi segar yang sama yang disimpan dalam bak plastik (56 x 29,5 x 39,5 cm) hanya dapat disimpan selama 5 hari (pada suhu 32 °C dan RH 71–77%).

Suhu ruang/tempat penyimpanan. Suhu yang ideal untuk menyimpan umbi ubi kayu segar adalah 3 °C atau menyimpan dalam refrigerator. Namun tentunya hal ini kurang pas bagi petani ubi kayu yang lemah ekonominya. Lagi pula cara ini hanya dapat menyimpan umbi dalam jumlah yang kecil. Cara lain dengan menyimpan produk ubi kayu dalam keadaan beku (*frozen*). Cara ini telah digunakan oleh para ekportir/industri pengolahan ubi kayu. Pada kondisi suhu dingin dan beku, infeksi oleh mikroorganisme tidak terjadi.

Lama penyimpanan. Makin lama umbi disimpan berarti makin lama pula terjadi interaksi antara patogen-umbi. Pada kondisi demikian apabila kondisi ruang penyimpanan sesuai untuk perkembangan penyakit, maka akan terjadi infeksi dan intensitas serangan penyakit menjadi lebih tinggi.

Pengendalian

Perbaiki cara penyimpanan. Di Nigeria, penyimpanan umbi ubi kayu dengan serbuk gergaji lembab dalam kotak yang tertutup dapat menghindarkan dari infeksi jamur atau bakteri dan dapat disimpan dengan baik hingga tiga minggu. Serbuk gergaji lembab berfungsi sebagai tanah sehingga tumbuh akar sekunder. Gas dan panas yang terjadi pada kotak tertutup berefek sebagai curing pada umbi yang disimpan (Udoudoh 2011).

Fungisida. Beberapa jamur diketahui berada pada permukaan umbi ubi kayu yang baru dipanen. Oleh karena itu sterilisasi permukaan dengan menggunakan kalsium hipoklorida atau Klorok dan menyimpan pada kantong polyethilen dapat memperpanjang umur simpan umbi (Ikediugwu dan Ejale 1980). Di lembaga

penelitian *Internasional Center for Tropical Agriculture* (CIAT), Kolumbia telah dikembangkan teknologi penyimpanan ubi kayu dalam kantong polyethilen dikombinasikan dengan penggunaan fungisida thiabendazol. Teknologi tersebut mampu memperpanjang umur simpan dari 1–2 hari menjadi 2–3 minggu (Wheatley 1989). Namun bagi petani ubi kayu, harga kantong polyethilen dan fungisida dirasa terlalu mahal.

Pengendalian biologis. Beberapa jamur antagonis diketahui dapat menekan kerusakan umbi setelah panen dan disimpan dalam ruang penyimpanan. Ubalua dan Oti (2007) menyimpulkan bahwa *Trichoderma viridae* mampu menekan perkecambahan spora jamur *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus flavus*, *Botryodiplodia theobromae* dan *Fusarium solani*. Inokulasi suspensi *T. viridae* dengan konsentrasi 20.000 spora/ml efektif menekan busuk umbi oleh jamur *B. theobromae* dan *R. oryzae* hingga 100% sampai pada penyimpanan tiga minggu, namun terhadap jamur *A. flavus*, dan *Fusarium solani*, jamur antagonis *T. viride* mampu menekan hingga 2–3%, dibanding tanpa perlakuan *T. viride* yang mencapai 35% dan 44% (Tabel 7).

Buensanteai dan Athinuwat (2012) juga melaporkan bahwa isolat *Trichoderma virens* TvSUT10 yang diisolasi dari lahan ubi kayu, sangat efektif menghambat

Tabel 7. Persentase kumulatif kejadian busuk selama penyimpanan ubi kayu yang telah diinokulasi dengan *T. viride* dan patogen

Perlakuan	Kejadian ubi busuk (%) pada penyimpanan		
	1 minggu	2 minggu	3 minggu
Tidak diinokulasi (kontrol)	4	12	28
<i>A. theobromae</i>	8	16	20
<i>A. flavus</i>	6	20	44
<i>F. solani</i>	9	15	35
<i>R. oryzae</i>	4	24	30
<i>T. viride</i> (antagonis)	0	0	0
<i>T. viride</i> + <i>B. theobromae</i>	3	0	0
<i>T. viride</i> + <i>A. flavus</i>	1	1	2
<i>T. viride</i> + <i>R. oryzae</i>	2	0	0
<i>T. viride</i> + <i>F. solani</i>	1	1	3

Sumber: Ubalua dan Oti 2007

pertumbuhan miselia *Lasiodiplodia theobromae* 84,12%. Di rumah kaca, aplikasi suspensi miselia strain TvSUT 10 mengurangi tingkat keparahan busuk batang sebesar 53%. Hasil ini menunjukkan bahwa *T. viren* strain TvSUT 10 mempunyai potensi sebagai pengendali biologi pada ubi kayu untuk melawan infeksi *L. theobromae*.

Fungsida nabati. Beberapa ekstrak tanaman diketahui dapat menekan pertumbuhan jamur penyebab kerusakan ubi dalam simpanan. Amadioha dan Markson (2007) melaporkan bahwa ekstrak etanol dan air dari biji *Piper nigrum* memberikan hasil terbaik dalam menekan jamur *Rhizopus oryzae*, diikuti ekstrak biji *Aframomum meleguata*, ekstrak daun *Ageratum conyzoides* dan ekstrak daun *P. nigrum*. Ekstrak tersebut lebih efektif menghambat perkembangan busuk pada umbi yang tidak terluka dibanding umbi luka terutama apabila dilakukan sebelum terjadi infeksi. Okigbo *et al.* (2009b) juga menyimpulkan bahwa ekstrak 10% bawang (*Allium sativum*) efektif menghambat pertumbuhan miselia jamur *Aspergillus niger* (86,9%), *Fusarium oxysporum* (76,4%), *F. solani* (68,2%), dan *Rhizopus stolonifer* (60,0%), namun kurang efektif terhadap jamur *Botryodiplodia theobromae* (15,8%) dan *Macrophomina phaseolina* (6,1%). Ekstrak 10% *Ocimum gratissimum* efektif menekan pertumbuhan miselia *Penicillium oxalicum* (64,5%), agak efektif menekan *F. oxysporum* (58,9%) dan *F. solani* (48,2%), namun kurang efektif terhadap *B. theobromae* (9,6%), dan *Macrophomina phaseolina* (4,5%). Pada penelitian lainnya Okiqbo *et al.* (2009b) juga melaporkan bahwa ekstrak etanol dan air 25–50% daun *Azadiracta indica* (family *Maliacea*) dan ekstrak biji *Aframomum melegueta* (family *Zingiberaceae*), keduanya efektif menekan perkembangan miselia jamur *Aspergillus niger*, *Penicillium oxalicum*, *Botryodiplodia*, dan *Fusarium oxysporum*. Ekstrak daun *A. indica* bersifat lebih fungitoksik dibandingkan ekstrak biji *A. melegueta*. Di Nigeria Markson *et al.* (2011) membuktikan bahwa minyak esensial dari biji *Aframomum melegueta* sangat efektif menghambat pertumbuhan pertumbuhan jamur *Botryodiplodia theobromae*.

Okoi *et al.* (2014) melakukan pengujian ekstrak etanol dari *Zingiber officinale* Rosc. dan *Gongronema latifolium* Benth terhadap jamur *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* dan *Aspergillus niger*. Hasilnya menunjukkan bahwa aktivitas anti jamur meningkat sejalan dengan kenaikan konsentrasi ekstrak tanaman. Pada konsentrasi 100% ekstrak jahe, menunjukkan penghambatan pertumbuhan miselia jamur *Aspergillus niger*

paling tinggi (97,37%), sedangkan pada *G. latifolium* (88,60%). Ekstrak jahe lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur, dan jamur *A. niger* diketahui paling sensitif terhadap kedua ekstrak. Pada jahe diketahui mengandung banyak saponin, cyanogenetic glikosida dan polifenol, sedangkan pada *G. latifolium* banyak mengandung anthraquinon, flavonoid (sedang), alkaloid dan cyanogenetic glikosida. Hal tersebut menunjukkan kedua tanaman potensi sebagai anti jamur.