

Pengaruh Lengas Nisbi dan Suhu terhadap Kerusakan Gaplek Akibat *Aspergillus flavus* Selama Penyimpanan

The Effect of Relative Humidity and Temperature on the Spoilage of Dried Cassava by *Aspergillus flavus* During Storage

H. A. Oramahi^{1*}, Christanti Sumardiyono², Nursamsi Pusposendjojo², dan Haryadi³

¹ Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Pontianak

² Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

³ Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

E-mail: oramahi_stp@yahoo.com *Penulis untuk korespondensi

Abstract

A study on the spoilage of dried cassava by *Aspergillus flavus* was still limited so that such study is very important to do. This experiment was done to examine the effect of relative humidity (RH) and storage room temperature on the development of *A. flavus* and dried cassava spoilage during storage time. Based on the population of *A. flavus*, starch content, reduction sugar content, and water content of dried cassava, it was concluded that RH 65%, the temperature of 30 and 35°C had better storage condition for dried cassava because it resulted in the lowest population of *A. flavus* and the lowest deterioration of dried cassava.

Key words: Dried cassava, storage, spoilage, *Aspergillus flavus*

Abstrak

Penelitian tentang kerusakan gaplek yang disebabkan oleh *Aspergillus flavus* masih sangat terbatas. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang Pengaruh Lengas Nisbi dan Suhu terhadap Kerusakan Gaplek Akibat *A. flavus* Selama Penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lengas nisbi dan suhu ruang penyimpanan terhadap perkembangan *A. flavus* dan kerusakan gaplek selama penyimpanan. Berdasarkan populasi *A. flavus*, kadar pati, kadar gula reduksi dan kadar air gaplek menunjukkan bahwa penyimpanan pada lengas nisbi 65%, suhu 30 dan 35°C merupakan kondisi penyimpanan lebih baik karena populasi *A. flavus* dan kerusakan gaplek paling rendah.

Kata kunci: Gaplek, penyimpanan, kerusakan, *Aspergillus flavus*

Diterima: 18 September 2009, disetujui: 21 Mei 2010

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil ubi kayu terbesar ke-4 setelah Nigeria, Brazil, dan Thailand. Produksi ubi kayu Indonesia pada tahun 2006 mencapai 19,99 juta ton (Biro Pusat Statistik, 2007). Salah satu sentra produksi ubi kayu di Daerah Istimewa Yogyakarta adalah Kabupaten Gunungkidul. Pada tahun 2006, produksi ubi kayu Kabupaten Gunungkidul adalah 894.106 ton. Dari produksi tersebut sekitar 15% dikonsumsi dalam bentuk segar dan 85% dikeringkan menjadi gaplek (Dinas Perdagangan dan Perindustrian, 2007). Gaplek adalah ubi kayu yang sudah atau tidak dikupas,

dan dikeringkan dalam berbagai bentuk. Gaplek dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, pakan, dan industri.

Gaplek merupakan substrat yang cocok untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur marga *Aspergillus*. Jamur-jamur yang dilaporkan tumbuh pada gaplek antara lain *A. clavatus*, *A. flavus*, *A. foetidus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. oryzae*, *A. tamarii*, *A. zonatus*, dan *Aspergillus* sp. (Yulineri *et al.*, 1997; Wareing *et al.*, 2001; Essono *et al.*, 2007; Oramahi *et al.*, 2006). Di antara spesies-spesies tersebut, *A. flavus* merupakan jamur toksigenik yang sering ditemukan tumbuh dominan pada produk hasil pertanian (Purwijantiningsih *et al.*, 2005).

Beberapa pustaka mengungkapkan bahwa kehilangan hasil gaplek dalam simpanan mencapai 16–25% (Balagopalan *et al.*, 1988; Ginting *et al.*, 1992).

Jamur dapat menimbulkan kerusakan melalui proses enzimatik karena jamur dapat mengeluarkan enzim pendegradasi komponen pada bahan simpanan. Jamur simpanan, terutama marga *Aspergillus*, dapat mengeluarkan enzim untuk memecah komponen-komponen yang ada dalam bahan pertanian yang disimpan, tergantung dari substrat yang dominan. Gaplek mengandung pati yang tinggi, maka jamur marga *Aspergillus* yang tumbuh pada gaplek umumnya menghasilkan glukoamilase (Mubarik *et al.*, 2003). Aktivitas glukoamilase jamur marga *Aspergillus* diduga sangat berperan dalam menimbulkan kerusakan pada gaplek.

Beberapa jamur sudah diketahui dapat menyerang dan menimbulkan kerusakan pada gaplek. Essono *et al.*, (2007) meneliti jenis-jenis *Aspergillus* yang tumbuh pada gaplek dari dua lokasi yang berbeda, hubungannya dengan kadar air gaplek, lama penyimpanan, dan metode pengolahan. Hasil penelitian menunjukkan 13 jenis yang ditemukan, *A. flavus* dan *A. clavatus* paling sering muncul, sedangkan *A. versicolor* jarang ditemukan. Yulineri *et al.*, (1997) mengarakterisasi jenis jamur dan mengetahui pengaruh beberapa pengawet alami (bawang putih, garam, dan asam cuka) terhadap persentase kerusakan gaplek simpanan. Hasil penelitian menunjukkan *A. niger*, *Penicillium* sp., dan *Rhizopus* sp. merupakan jamur yang tumbuh dominan dan beberapa pengawet alami mampu mempertahankan mutu gaplek.

Penelitian terdahulu mengungkapkan jenis jamur yang tumbuh pada gaplek belum sampai pada kerusakan yang ditimbulkannya. Oleh karena itu, penelitian yang berkaitan dengan kerusakan gaplek oleh *flavus* selama masa penyimpanan masih diperlukan. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh lengas nisbi udara dan suhu ruang penyimpanan terhadap pertumbuhan *A. flavus* dan kerusakan gaplek.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Klinik Fakultas

Pertanian, UGM. Penelitian dilakukan dengan simulasi penyimpanan gaplek pada kondisi suhu dan lengas nisbi udara yang berbeda selama 4 (empat) bulan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 3 faktor. Faktor I yaitu *A. flavus* terdiri atas 2 aras (diinokulasi dan tidak diinokulasi), faktor II yaitu lengas nisbi udara terdiri atas 2 aras 65 dan 80%, dan faktor III yaitu suhu ruang penyimpanan terdiri atas 30 dan 35°C. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam (*analysis of variance*). Untuk mengungkapkan pengaruh antarperlakuan digunakan uji rentang berganda Duncan pada taraf nyata 5%. Paramater yang diamati adalah populasi jamur, bobot gaplek, kadar pati, kadar gula reduksi, dan kadar air gaplek.

Pembuatan Gaplek

Ubi kayu varietas Adira I dikupas menggunakan pisau, kemudian dipotong berbentuk kubus dengan sisi masing-masing berukuran 2 cm, dicuci, dan dikeringkan dengan alat pengering kabinet. Alat pengering tersebut merupakan alat yang dirancang oleh Laboratorium Rekayasa Pangan Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Pengeringan gaplek pada suhu 40°C sampai kadar air 12,50%.

Perbanyak Inokulum *A. flavus*

Isolat ditumbuhkan pada medium agar miring (PDA) dan diinkubasikan selama 7 hari pada suhu ruang. Panen spora dilakukan dalam medium ditambahkan 5 ml *Tween* 80 (0,05%) (Pitt dan Hocking, 1997), digoyang dengan perlahan, dituangkan ke dalam erlenmeyer yang berisi air steril, dan penghitungan spora dengan menggunakan *hemacytometer*. Untuk mendapatkan spora dengan kerapatan 10⁶/ml dilakukan pengenceran dengan air steril.

Inokulasi *A. flavus* pada Gaplek

Inokulasi *A. flavus* pada gaplek mengacu penelitian Okigbo dan Nwakammah (2005), yang dimodifikasi. Gaplek seberat 100 g didesinfeksi dengan cara dicelup dalam alkohol 96% selama 30 detik. Selanjutnya, gaplek dikeringkan dengan kertas saring steril selama 15 menit agar alkohol menguap, dan dibilas dengan air steril, lalu dikeringanginkan lagi sekitar 30 menit.

Inokulasi *A. flavus* pada gapek dilakukan dengan cara penyemprotan dengan suspensi spora *A. flavus* (10^6 CFU/ml) sebanyak 2 ml, sedangkan perlakuan tidak diinokulasi dilakukan dengan penyemprotan dengan air steril sebanyak 2 ml.

Pengaruh Lemas Nisbi dan Suhu terhadap Perkembangan *A. flavus* dan Kerusakan Gapek

Gapek yang telah diinokulasi dengan *A. flavus* dibungkus dengan kain kasa dan disimpan di dalam stoples bertutup yang di dalamnya terdapat penyangga selama 4 bulan. Pengaturan lemas nisbi udara di dalam stoples dilakukan dengan menggunakan larutan garam-garam jenuh yang diletakkan dalam stoples di bawah penyangga. Pengondisian lemas nisbi udara 65% digunakan larutan jenuh garam NaNO_2 dan lemas nisbi udara 80% digunakan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Shurtleff dan Averre, 1997). Selanjutnya gapek tersebut disimpan dalam inkubator pada suhu 30 dan 35°C.

Populasi *Aspergillus flavus* (Barros et al., 2003; Ogundare dan Adetuyi, 2003)

Populasi sampel gapek sebanyak 100 g, diambil sekitar 75 g untuk perhitungan populasi *A. flavus*. Hal ini dilakukan agar populasi *A. flavus* bisa mewakili populasi sampel gapek. Gapek dihaluskan dengan blender dan diambil sebanyak 1 g, kemudian ditambahkan dengan 10 ml air steril, dihomogenkan dengan vorteks selama 2 menit. Selanjutnya, suspensi diencerkan dengan seri pengenceran sampai 10^{-6} . Suspensi diambil sebanyak 100 μl untuk dituangkan ke dalam cawan petri yang mengandung medium *DG-18* (10 ml) dan diratakan, lalu diinkubasikan selama 5 hari pada suhu kamar. Jumlah koloni yang tumbuh dihitung menggunakan *spore counter* dengan satuan CFU/gram.

Bobot Gapek

Pengukuran bobot gapek dilakukan pada awal penelitian dan akhir penelitian (4 bulan) setelah penyimpanan dengan timbangan.

Analisis Kadar Pati Gapek (AOAC, 1970)

Gapek yang sudah dihaluskan sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam gelas piala 250 ml, ditambah 50 ml akuades dan diaduk selama 1

jam. Suspensi disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan akuades sampai volume 250 ml lalu filtrat ini dibuang. Residu dipindahkan secara kuantitatif ke dalam Erlenmeyer dengan pencucian menggunakan 200 ml akuades kemudian ditambahkan 20 ml HCl 25%, ditutup dengan pendingin balik dan dipanaskan di atas penangas air mendidih selama 2,5 jam. Setelah dingin larutan dinetralkan dengan larutan NaOH 45% dan ditambah akuades sampai volume menjadi 500 ml, kemudian disaring. Berat glukosa dikalikan 0,9 merupakan berat pati.

Kadar Gula Reduksi Gapek Metode Nelson-Somogyi (Sudarmadji et al., 1997)

Larutan glukosa standar, dibuat 6 seri konsentrasi: 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/100 ml. Tujuh tabung reaksi yang bersih disiapkan dan tiap-tiap tabung diisi dengan 1 ml larutan glukosa dan 1 ml air suling sebagai blanko. Tiap-tiap tabung di atas ditambah 1 ml reagensia Nelson. Semua tabung dipanaskan pada penangas air mendidih selama 20 menit, diambil dan segera didinginkan bersama-sama dalam gelas piala yang berisi air dingin sehingga suhu tabung mencapai 25°C. Setelah dingin campuran larutan ditambah dengan 1 ml reagensia arsenomolibdat, dan digojog sampai semua endapan Cu_2O yang ada larut kembali. Setelah semua endapan Cu_2O larut sempurna, ditambahkan 7 ml air suling, digojog sampai homogen, dan dimasukkan ke dalam kuvet.

Optical Density (OD) selanjutnya dicari dengan cara tiap-tiap larutan tersebut ditera dengan spektrofotometer (*Spectronic 21, Milton Roy Company*) pada panjang gelombang 540 nm.

Penyiapan Kurva Standar Glukosa

Kurva standar dibuat dengan persamaan regresi yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa dan *OD*.

Penentuan Kadar Gula Reduksi

Larutan sampel yang mempunyai kadar gula reduksi disiapkan sekitar 2–8 mg/100 ml, satu ml larutan sampel yang jernih tersebut dipipet ke dalam tabung reaksi yang bersih, satu ml reagensia Nelson ditambahkan ke dalam larutan contoh, selanjutnya diperlakukan seperti pada penyiapan kurva standar di atas. Kadar gula

reduksi ditentukan berdasarkan *OD* larutan sampel dan kurva standar larutan glukosa.

Kadar Air Gaplek (AOAC, 1970)

Botol timbang dipanaskan pada suhu 105°C, lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya. Sebanyak ± 2 g gaplek ditimbang dan dimasukkan ke dalam botol timbang tersebut. Botol timbang yang telah berisi sampel tersebut ditempatkan dalam oven yang bersuhu 105°C. Penimbangan dilakukan sampai diperoleh berat sampel konstan. Botol tersebut dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang secepatnya setelah mencapai suhu kamar. Rumus penghitungan kadar air sbb:

$$\text{Kadar Air: } \frac{\text{Bobot sampel awal} - \text{Bobot sampel akhir}}{\text{Bobot sample waktu}} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

Populasi *Aspergillus flavus*

Penyimpanan selama empat bulan menyebabkan perubahan populasi *A. flavus*

yang bervariasi sesuai dengan perlakuan yang diteliti (Tabel 1).

Tabel 1 menunjukkan terjadinya penurunan populasi *A. flavus* dalam ruang dengan lengas nisbi udara 65% dan terjadi peningkatan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 80%. Penyimpanan gaplek dalam ruang dengan lengas nisbi udara 65% dan suhu 30°C (I1R1S1) populasi *A. flavus* 3,467 X 10⁶ CFU/g pada bulan pertama menjadi 2,533 X 10⁶ CFU/g pada akhir penyimpanan, dan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 65%, suhu 35°C (I1R1S2) populasi *A. flavus* 2,900 X 10⁶ CFU/g pada penyimpanan bulan pertama menjadi 1,667 X 10⁶ pada akhir penyimpanan. Populasi *A. flavus* menurun dalam ruang dengan lengas nisbi udara 65% karena tidak cocok untuk pertumbuhannya. Populasi *A. flavus* pada umumnya lebih tinggi dalam ruang dengan suhu 30°C daripada suhu 35°C, hal ini disebabkan pertumbuhannya lebih cocok pada suhu 30°C. Perkembangan *A. flavus* pada kedua kondisi suhu tersebut dipengaruhi oleh lengas nisbi ruang penyimpanan yang ditunjukkan adanya interaksi pada hasil analisis statistik.

Tabel 1. Populasi *Aspergillus flavus* selama penyimpanan gaplek.

Perlakuan ¹⁾	Populasi <i>A. Flavus</i> Setelah Penyimpanan (CFU/g) ⁴				4 Bulan
	0 Bulan ⁵⁾	1 Bulan	2 Bulan	3 Bulan	
I0R1S1	-	2,33 x 10 ² e C	4,67 x 10 ² e BC	5,67 x 10 ² e AB	23,67 x 10 ² e A
I0R1S2	-	1,00 x 10 ² f B	1,33 x 10 ² f B	3,44 x 10 ² e A	6,67 x 10 ² e A
I0R2S1	-	2,67 x 10 ² e C	1,367 x 10 ⁴ d A	1,667 x 10 ³ d B	1,63 x 10 ⁴ d A
I0R2S2	-	2,33 x 10 ³ d B	1,467 x 10 ⁴ d A	1,33 x 10 ³ d C	1,30 x 10 ⁴ d A
I1R1S1	-	3,467 x 10 ⁶ c C	2,100 x 10 ⁶ c A	2,333 x 10 ⁶ c B	2,533 x 10 ⁶ c C
I1R1S2	-	2,900 x 10 ⁶ c A	3,933 x 10 ⁶ c A	6,333 x 10 ⁶ c A	1,667 x 10 ⁶ c B
I1R2S1	-	3,667 x 10 ⁷ a B	2,900 x 10 ⁸ a B	7,867 x 10 ⁸ a A	1,466 x 10 ⁸ a A
I1R2S2	-	8,667 x 10 ⁶ b C	1,367 x 10 ⁷ b B	4,867 x 10 ⁷ b A	5,266 x 10 ⁷ b A

Keterangan: 1) I=Inokulasi: I0= tidak di inokulasi dan I1= di inokulasi dengan *A. flavus* R= RH: R1= RH 65% dan R2= RH 80% S= Suhu: S1= 30°C dan S2= 35°C

- Rerata yang diikuti huruf non kapital yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%
- Rerata yang diikuti huruf kapital yang sama dalam baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%
- Untuk analisis statistik data ditransformasi ke log x
- Pada 0 bulan perlakuan tidak diinokulasi (I0), populasi jamur tidak dihitung karena gaplek dalam keadaan steril, sedangkan untuk perlakuan diinokulasi (I1), populasi jamur dihitung tetapi tidak memenuhi syarat karena hanya beberapa jumlah koloni yang tumbuh

Penyimpanan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 80% suhu 30°C (I1R2S1) populasi *A. flavus* 3,667 X 10⁷ CFU/g pada penyimpanan bulan pertama menjadi 1,466 X 10⁸ CFU/g pada akhir penyimpanan, dan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 80%, suhu 35°C (I1R2S2) populasi *A. flavus* 8,667 X 10⁶ CFU/g pada penyimpanan bulan pertama menjadi 5,266 X 10⁷ CFU/g pada akhir penyimpanan. Populasi *A. flavus* lebih tinggi pada ruang dengan lengas nisbi udara ruang penyimpanan 80% daripada 65%, disebabkan pertumbuhannya lebih cocok pada ruang dengan lengas nisbi udara 80%.

Populasi *A. flavus* meningkat selama penyimpanan gapek. Menurut Ogundare dan Adetuyi (2003), adanya peningkatan populasi *A. flavus* pada roti selama penyimpanan yaitu dari 1,0 X 10¹ CFU/g pada awal penyimpanan menjadi 1,03 X 10⁷ CFU/g pada 144 jam setelah penyimpanan. Bankole *et al.*, (2005) melaporkan bahwa persentase benih melon yang terserang *Aspergillus* spp. meningkat cepat dengan lamanya penyimpanan.

Bobot Gapek

Penyimpanan selama 4 bulan menyebabkan perubahan persentase penurunan bobot gapek yang bervariasi sesuai dengan perlakuan yang diteliti (Tabel 2).

Penurunan bobot gapek terjadi selama penyimpanan (Tabel 2). Penyimpanan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 65% dan suhu

30°C (I1R1S1) menyebabkan penurunan bobot 39,32% pada akhir penyimpanan. Penyimpanan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 65% dan suhu 35°C (I1R1S2) menyebabkan bobot turun 32,50% pada akhir penyimpanan. Penyimpanan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 80% dan suhu 30°C (I1R2S1) menyebabkan penurunan bobot gapek 53,31%. Penyimpanan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 80% dan suhu 35°C (I1R2S2) menyebabkan penurunan bobot gapek 54,59%. Persentase penurunan bobot pada pengamatan bulan keempat (akhir penyimpanan) untuk semua perlakuan adalah 39,32–54,59%. Penurunan bobot gapek pada perlakuan tidak diinokulasi (kontrol) disebabkan oleh penguapan air. Perbedaan penurunan bobot gapek disebabkan oleh perbedaan suhu dan lengas nisbi udara penyimpanan. Hal ini sesuai dengan pendapat Chou *et al.*, (2006) yang menyatakan bahwa penurunan bobot gadung (*Dioscorea alata*) dipengaruhi oleh suhu ruang penyimpanan.

Menurut Eggins dan Coursey (1968 *cit.* Adebajo dan Diyaolu, 2003), kerusakan bahan secara biologi terjadi karena agens biologi (jamur) memanfaatkan substrat yang ada dalam bahan untuk pertumbuhannya Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Adebajo dan Diyaolu (2003) yang menyatakan bahwa *A. niger*, *A. restrictus*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, dan *Aspergillus* sp. menurunkan bobot kacang mete yang disimpan.

Tabel 2. Penurunan bobot gapek selama penyimpanan.

Perlakuan ¹⁾	Penurunan Bobot Gapek (% , Berat Kering) Setelah Disimpan				
	0 Bulan	1 Bulan	2 Bulan	3 Bulan	4 Bulan
I0R1S1	100 a A	91,12 a B	89,19 a C	82,22 a D	74,87 a E
I0R1S2	100 a A	94,07 abc B	87,26 ab C	79,91 ab D	72,53 a E
I0R2S1	100 a A	94,61 ab B	87,88 ab C	81,01 ab D	74,08 a E
I0R2S2	100 a A	93,08 bcd B	86,03 bc C	78,98 bc D	71,86 a E
I1R1S1	100 a A	91,70 d B	82,52 de C	71,61 d D	60,68 c E
I1R1S2	100 a A	92,84 cd B	84,79 cd C	76,45 c D	67,50 b E
I1R2S1	100 a A	91,72 d B	81,07 e C	69,79 d D	55,36 d E
I1R2S2	100 a A	89,71 e B	77,81 f C	65,78 e D	53,37 d E

Keterangan: 1) I=Inokulasi: I0= tidak diinokulasi dan I1= diinokulasi dengan *A. flavus*

R= RH: R1= RH 65% dan R2= RH 80%

S= Suhu: S1= 30°C dan S2= 35°C

2) Rerata yang diikuti huruf kecil yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%

3) Rerata yang diikuti huruf kapital yang sama dalam baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%.

Kadar Pati Gaplek

Dari Tabel 3 diketahui bahwa kadar pati gaplek yang diinokulasi *A. flavus* lebih rendah daripada yang tidak diinokulasi jamur ini baik pada penyimpanan 1, 2, 3, maupun 4 bulan. Penurunan kadar pati secara nyata terjadi pada tiga dan empat bulan penyimpanan untuk gaplek yang tidak diinokulasi, sedangkan pada gaplek yang diinokulasi *A. flavus* penurunan kadar pati secara nyata sudah terjadi mulai 2 bulan penyimpanan. Kadar pati gaplek untuk semua perlakuan masih sesuai dengan kualitas yang disyaratkan SNI, yaitu 68% untuk kualitas I dan 65% untuk kualitas II.

Penurunan kadar pati ini terjadi karena aktivitas glukoamilase *A. flavus* memecah pati menjadi glukosa. *Aspergillus flavus* tumbuh pada gaplek memanfaatkan substrat pati. Dengan adanya glukoamilase, pati dipecah menjadi glukosa (Mubarik et al., 2003). Menurut Fakhoury dan Waloshuk (1999), *A. flavus* tumbuh dan berkembang biak pada medium pati sebagai sumber karbon dan dapat memecah pati menjadi glukosa. Hal yang sama dilaporkan Amusa et al., (2002), bahwa penurunan karbohidrat pada buah sukun dari 70,2% awal penyimpanan menjadi 59,4% akhir penyimpanan (9 hari) pada suhu ruang. Penurunan disebabkan asosiasi antara *A. niger*, *Rhizopus stolonifer*, *Botryodiplodia theobromae*, *Mycovellosiella fulva*, *Penicillium* sp. dan *A. flavus*.

Menurut Okigbo dan Nwakammah (2005), beberapa jamur tumbuh pada gadung (*Dioscorea rotunda* dan *D. alata*) antara lain *Fusarium oxysporum*, *A. niger*, *A. flavus*, *R. stolonifer*, *F. solani*, *B. theobromae*, *Mucor* sp., *Geotrichum* sp., *Pichia* sp., dan *Candida* sp. Jamur-jamur tersebut memanfaatkan substrat pati sehingga kandungannya menurun selama penyimpanan.

Kadar Gula Reduksi Gaplek

Pengaruh *A. flavus* terhadap perubahan kadar gula reduksi gaplek selama penyimpanan disajikan pada Tabel 4. Tabel ini menunjukkan bahwa pada umumnya kadar gula reduksi gaplek mengalami peningkatan mulai penyimpanan selama 2 bulan dan kadar tertinggi dihasilkan oleh gaplek yang disimpan selama 4 bulan yang satu sama lain tidak menunjukkan perbedaan nyata. Diketahui pula bahwa kadar gula reduksi

pengamatan 3 bulan tidak menunjukkan perbedaan nyata antar kondisi penyimpanan kecuali untuk gaplek yang disimpan pada RH 80% suhu 35°C tanpa inokulasi *A. flavus* lebih rendah daripada semua perlakuan lainnya.

Widhasekaran et al., (1966 cit. Lacey, 1989) menyatakan, serangan jamur pada biji-bijian dapat meningkatkan gula reduksi. Hal yang sama dilaporkan Afoakwa dan Dedeh (2001) yang menyatakan, peningkatan kadar gula reduksi gadung (*D. dumetorum*) dipengaruhi suhu dan lama penyimpanan. Makin lama penyimpanan peningkatan kadar gula reduksi makin besar. Peningkatan kadar gula reduksi gadung lebih besar pada suhu ruang penyimpanan 28°C daripada suhu 4°C. Begitu juga dengan pendapat Chou et al., (2006), gula reduksi gadung meningkat selama penyimpanan.

Kadar Air Gaplek

Penyimpanan selama 4 bulan menyebabkan perubahan kadar air gaplek sesuai dengan kondisi penyimpanan yang diteliti. Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar air dipengaruhi oleh suhu, lengas nisbi, dan lama penyimpanan. Hasil yang sama ditemukan dalam penelitian Dharmaputra et al., (2007) dan Afoakwa dan Dedeh (2001) yang masing-masing meneliti kadar air kacang tanah dan kadar air gadung (*D. dumetorum*). Kadar air kacang tanah meningkat seiring dengan peningkatan lengas nisbi ruang penyimpanan, sementara kadar air gadung meningkat dengan makin lamanya penyimpanan.

Tabel 5 menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan kadar air gaplek selama penyimpanan. Peningkatan kadar air terjadi pada kondisi penyimpanan dengan lengas nisbi udara 80% dan penurunan kadar air pada kondisi penyimpanan dengan lengas nisbi udara 65%. Hal ini terjadi karena dalam ruang dengan lengas nisbi udara tinggi (80%), gaplek akan menyerap air dari lingkungan dan dalam ruang dengan lengas nisbi udara rendah (65%), gaplek akan melepaskan air. Adebajo dan Diyaolu (2003) menyatakan bahwa kebanyakan produk pertanian yang disimpan bersifat higroskopis sehingga dapat mencapai keseimbangan lengas/*equilibrium moisture content* (EMC).

Balagopalan et al., (1988) menyatakan bahwa gaplek *chips* yang disimpan pada suhu 30°C dengan lengas nisbi udara 63,4% dan

84,5% mencapai keseimbangan (*EMC*) masing-masing pada saat kadar air 13,90% dan 18,20%. Sementara itu, pada kondisi suhu 45°C dengan lengas nisbi udara 80% keseimbangan terjadi pada saat kadar air 16,6%. Waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya *EMC* pada gaplek *chips* adalah 21 hari.

Gaplek yang disimpan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 65%, suhu 30 dan 35°C mengalami perubahan kadar air masing-masing 16,07 dan 11,27% pada bulan pertama

menjadi 14,23 dan 13,37% pada akhir penyimpanan. Pada lengas nisbi udara yang lebih tinggi yaitu 80%, pada suhu 30 dan 35°C perubahan kadar air terjadi masing-masing adalah 18,28 dan 15,35% pada bulan pertama menjadi 16,27 dan 14,58% pada akhir penyimpanan. Penyimpanan dalam ruang dengan lengas nisbi udara 65% dan suhu 35°C dapat mempertahankan kadar air gaplek sesuai dengan SNI yang mensyaratkan kadar air gaplek 14% untuk semua tingkat kualitas (Anonim, 1992).

Tabel 3. Pengaruh *A. flavus* terhadap perubahan kadar pati gaplek selama penyimpanan.

Perlakuan ¹⁾	Kadar Pati Gaplek (% Berat Kering) Setelah Penyimpanan				
	0 Bulan	2 Bulan	3 Bulan	3 Bulan	4 Bulan
I0R1S1	78,20 a A	77,77 a A	77,68 a A	72,70 b B	72,41 a B
I0R1S2	78,20 a A	77,86 a A	78,00 a A	74,40 a B	72,61 a C
I0R2S1	78,20 a A	75,97 ab B	75,34 b B	71,34 bc C	71,85 a C
I0R2S2	78,20 a A	77,96 a A	75,14 b B	72,38 b C	68,59 bc D
I1R1S1	78,20 a A	75,57 ab B	74,15 b C	71,82 bc D	67,27 cd E
I1R1S2	78,20 a A	74,42 c B	71,67 c C	70,24 c C	66,28 d D
I1R2S1	78,20 a A	72,15 cd B	70,14 d B	71,12 bc BC	69,50 b C
I1R2S2	78,20 a A	71,89 d B	69,55 d BC	70,40 c BC	69,50 b C

Keterangan: 1) I = Inokulasi: I0= tidak diinokulasi dan I1= diinokulasi dengan *A. flavus*

R = RH: R1= RH 65% dan R2= RH 80%

S = Suhu: S1= 30°C dan S2= 35°C

2) Rerata yang diikuti huruf kecil yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%

3) Rerata yang diikuti huruf kapital yang sama dalam baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%

Tabel 4. Pengaruh *A. flavus* terhadap perubahan kadar gula reduksi gaplek selama penyimpanan.

Perlakuan ¹⁾	Kadar Gula Reduksi Gaplek (% Berat Kering) Setelah Penyimpanan				
	0 Bulan	1 Bulan	2 Bulan	3 Bulan	4 Bulan
I0R1S1	3,98 a E	4,48 d D	4,79 de C	4,62 c B	5,47 e A
I0R1S2	3,98 a D	4,51 d C	4,83 d B	4,80 bc B	5,50 e A
I0R2S1	3,98 a D	5,03 a C	4,98 c C	5,24 a B	5,71 d A
I0R2S2	3,98 a D	4,96 a BC	5,08 bc B	4,86 b C	5,87 c A
I1R1S1	3,98 a D	4,74 d C	4,81 d C	5,17 a	6,30 a A
I1R1S2	3,98 a D	3,95 e D	4,69 e C	5,12 a B	6,11 b A
I1R2S1	3,98 a D	4,70 bc C	5,13 ab B	5,29 a B	6,20 b A
I1R2S2	3,98 a D	4,58 cd C	5,24 a B	5,31 a B	5,83 c A

Keterangan: 1) I = Inokulasi: I0= tidak diinokulasi dan I1= diinokulasi dengan *A. flavus*

R = RH: R1= RH 65% dan R2= RH 80%

S = Suhu: S1= 30°C dan S2= 35°C

2) Rerata yang diikuti huruf kecil yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%

3) Rerata yang diikuti huruf kapital yang sama dalam baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%

Tabel 5. Kadar air gaplek selama penyimpanan.

Perlakuan ¹⁾	Kadar Air Gaplek (%) Setelah Penyimpanan				
	0 Bulan	1 Bulan	2 Bulan	3 Bulan	4 Bulan
I0R1S1	12,50 a A	12,50 eA	12,32 d A	12,85 d B	12,89 e A
I0R1S2	12,50 a A	12,48 eAB	12,18 d A	12,24 eAB	12,26 f AB
I0R2S1	12,50 a C	16,10 b A	15,21 ab B	15,98 a A	16,16 a A
I0R2S2	12,50 a C	14,49 d A	13,49 c B	13,45 c B	14,04 c A
I1R1S1	12,50 a C	16,07 b A	14,43 bc B	14,31 b B	14,23 c B
I1R1S2	12,50 a AB	11,27 f C	11,82 d BC	12,77 de AB	13,37 d A
I1R2S1	12,50 a D	18,28 a A	16,26 a B	15,85 a C	16,27 a B
I1R2S2	12,50 a C	15,35 c A	14,34 bc B	14,60 b AB	14,58 b AB

Keterangan: 1) I = Inokulasi: I0= tidak diinokulasi dan I1= diinokulasi dengan *A. flavus*

R = RH: R1= RH 65% dan R2= RH 80%

S = Suhu: S1= 30°C dan S2= 35°C

- 2) Rerata yang diikuti huruf kecil yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%
- 3) Rerata yang diikuti huruf kapital yang sama dalam baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada aras 5%.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lengas nisbi dan suhu ruang penyimpanan berpengaruh terhadap pertumbuhan *A. flavus* dan kerusakan gaplek. Ruang lengas nisbi udara 65%, suhu 30°C dan 35°C merupakan kondisi penyimpanan paling baik untuk gaplek dan penghambat pertumbuhan jamur *A. flavus*.

Saran

Pengolahan ubi kayu menjadi gaplek mulai dari pengeringan sampai penyimpanan perlu diperbaiki agar mutu gaplek dapat dipertahankan. Selain itu perlu dilakukan kajian tentang enzim-enzim yang berpengaruh terhadap kerusakan gaplek.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada DIKTI yang telah memberikan beasiswa program pascasarjana (BPPS) pada program S-3. Selain itu, penulis juga ucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Tanjungpura, Pemda Musi Banyuasin, Pemda Bangka Belitung, dan Pemda Kalimantan Barat yang telah memberikan bantuan penelitian.

Daftar Pustaka

- Adebajo, L.O. dan Diyaolu, S.A. 2003. Mycology and Spoilage of Retail Cashew Nuts. *Afr. J. Biotechnol.*, 2 (10): 369–373.
- Afoakwa, E.O. dan Dedeh, S.S. 2001. Chemical Composition and Quality Changes Occuring in *Dioscorea dumetorum* Pax Tubers After Harvest. *Food Chem.*, 75: 85–91.
- Amusa, N.A., Kehinde, I.A. dan Ashaye, O.A. 2002. Biodeterioration of Breadfruit (*Artocarpus communis*) in Storage and Its Effect on the Nutrient Composition. *Afr. J. Biotechnol.*, 1: 57–60.
- Anonim. 1992. *Standar Mutu Nasional Gaplek 01-2905-1992*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- AOAC. 1970. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, Washington.
- Balagopalan, C., Padmaja, G., Nanda, S.K. dan Moorthy, S.N. 1988. *Cassava in Food, Feed and Industry*. CRC Press. Florida.
- Bankole, S.A., Osho, A., Joda, A.O. dan Enikuomechin, O.A. 2005. Effect of Drying Method on The Quality and Storability of 'egusii' Melon Seeds (*Colocynthis citrullus* L.). *Afr. J. Biotechnol.*, 4: 799–803.
- Barros, G., Torres, A., Palacio, G. dan Chulze, S. 2003. *Aspergillus species* from Section Flavi Isolated from Soil at Planting and Harvest Time in Peanut Growing Region of Argentina. *J. Sci. Food Agric.*, 83: 1303–1307.
- Biro Pusat Statistik. 2007. *Produksi Tanaman Padi dan Palawija di Indonesia*, Jakarta.

- Chou, S.T., Chiang, B.H., Chung, Y.C., Chen, P.C. dan Hsu, C.K. 2006. Effect of Storage Temperature on the Antioxidative Activity and Composition of Yam. *Food Chem*, 98: 618–623.
- Dharmaputra, O.S., Retnowati, I. dan Ambarwati, S. 2007. Physical Quality and Relative Humidity Affecting *Aspergillus flavus* Infection and Aflatoxin Contamination in Peanut Kernels. *Proceedings The Third Asian Conference on Plant Pathology*. Faculty of Agriculture Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Dinas Perdagangan dan Perindustrian. 2007. *Produksi Gapek Kabupaten Gunungkidul*. Gunungkidul. Yogyakarta.
- Essono, G., Ayodele, M., Akoa, A., Foko, J., Olembo, S. dan Gockowski, J. 2007. *Aspergillus* Species on Cassava Chips in Storage in Rural Areas of Southern Cameroon: Their Relationship with Storage Duration, Moisture Content and Processing Methods. *Afr J. Microbiol Res*. Online <http://www.academicjournals.org/ajmr>. 07/07/2007.
- Fakhoury, A.M. dan Woloshuk, C.P. 1999. Amy1, The α -amylase Gene of *Aspergillus flavus*: Involvement in Aflatoxin Biosynthesis in Maize Kernels, *Phytopathology*, 89: 908–914.
- Ginting, E., Kusbiantoro, B., Merk, R. dan Harnowo, D. 1992. Primary Post Harvest Handling of Cassava at Farm Level in South Malang. *Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Tahun 1992*. Pp: 249–307.
- Lacey, J., Ramakrishna, N. dan Hamer, A. 1991. Grain Fungi. In: Arora, D.K., Mukerji, K.K. and Marth, E.H. (Eds.). *Handbook of applied Mycology: Food and Feed*. Pp: 121-177. Marcel Dekker. New York.
- Mubarik, N.R., Evi, D. dan Sri, L. 2003. Isolasi dan Karakterisasi Amilase dari Kapang Alkalotoleran Asal Limbah Cair Tapioka. *Biota*, VIII (1): 1–8.
- Ogundare, A.O. dan Adetuyi, F.C. 2003. Studies on the Microbial of Bread Baked with Wheat Flour from South Western Nigeria. *Food Agric. & Environment*, 1: 85–87.
- Okigbo, R.N. dan Nwakammah, P.T. 2005. Biodegradation of White Yam (*Dioscorea rotunda* Poir) and Water Yam (*Dioscorea alata* L.) Slices Dried Under Different Condition. *Sci. Tech. J.*, 5 (3): 577–586.
- Oramahi, H.A., Sumardiyono, C., Pusposendjojo dan Haryadi. 2006. Identifikasi Jamur Genus *Aspergillus* pada Gapek di Kabupaten Gunungkidul. *J. Perlindungan Tanaman Indonesia*, 12 (1): 13–24.
- Pitt, J.I. dan Hocking, A.D. 1997. *Fungi and Food Spoilage*. Academic Press, London.
- Purwijantiningsih, E., Ratih, D.H., Nurwitri, C.C. dan Istianan (Alm). 2005. Penghambatan Produksi Aflatoksin dari *Aspergillus flavus* oleh Kapang dan Khamir yang diisolasi dari Ragi Tempe. *Biota*, X (3): 146–153.
- Shurtleff, M.C. dan Averre, C.W. 1997. *The Plant Disease Clinic and Field Diagnosis of Abiotic Disease*. APS. Pres. The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta.
- Wareing, P.W., Westby, A., Gibbs, J.A., Allotey, L.T. dan Halm, M. 2001. Consumer Preferences and Fungal and Mycotoxin Contamination of Dried Cassava Product from Ghana. *Inter. J. Food Sci. & Technol.*, 36 (1): 1–10.
- Yulineri, T., Hardiningsih, R. dan Suciati. 1997. Keberadaan Kapang pada Gapek: Pengaruh terhadap Kualitas dan Daya Simpan. *Balitbang Mikrobiologi*. Puslitbang Biologi-LIPI Jakarta. Pp: 27–33.