

**DINAMIKA PERUBAHAN KAPANG TOKSIGENIK
PADA KOPI HASIL PENGOLAHAN KERING
DALAM BERBAGAI JENIS PENGEMAS
SELAMA PENYIMPANAN**

**KARYA ILMIAH TERTULIS
(SKRIPSI)**

*Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Menyelesaikan Program Strata Satu
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember*

Oleh :

Wardatus Sholiha

NIM. 971710101050

Terima 27 AUG 2001
No 1000

S
Klass
633.739
SHO
d
e.1

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
AGUSTUS, 2001**

MOTTO :

*“Manusia **hanyalah** makhluk biasa yang dapat berusaha dan berdoa, sedangkan Allah **adalah** Sang Maha Pengambil Keputusan atas segala-galanya.”*

(Ibu Asni Furoidah)

*“Mencerna makna dan arti penting kehidupan hari ini, berarti mempersiapkan **tongkat penuntun** untuk menghadapi perjalanan esok hari.”*

*“Menjalani kehidupan dengan sabar, ikhlas dan lapang dada akan membawa manusia pada **kemenangan lahir dan batin.**”*

(Al - faqir)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya tulis ini kupersembahkan kepada :

- ☆ Yang Kuasa, Allah SWT yang telah menyampaikan banyak hikmah selama penelitian ini berjalan.
- ☆ Kedua orang tuaku, Bapak Denan, BA dan ibu Maria Ulfah yang selalu sabar, membimbingku, mendoakan dan memberiku semangat dalam menghadapi hidup ini.
- ☆ Guruku tercinta, Ibu Asni furoidah, Ibu Kenis dan Ibu Nida yang telah menanamkan nilai-nilai agama dan kehidupan dalam diriku.
- ☆ Nenekku dan Lek Qodir yang selalu memberiku untaian kasih sayang dan mendoakanku demi kelancaran penyelesaian karya ilmiah tertulis ini.
- ☆ Kakakku (Evi), adikku (Ari dan Anda) dan keponakanku (Rosa) yang selalu mewarnai hari-hariku.
- ☆ Seseorang yang menjadi cahaya kehidupanku.
- ☆ Saudara-saudaraku Dadang, Mas Helmy, Agus, Desy, Ila, Dian, Endri, Rudi yang telah menerima aku apa adanya.
- ☆ Teman karib yang selalu peduli pada diriku, Nurul aimah, Eka, Erna, Nurhayati, Roni, Ira. Terima kasih atas perhatian yang telah kalian berikan. Juga "Work Shop Team" yang telah banyak membantu.
- ☆ Almamaterku yang menjadi sejarah kehadiranku.

DOSEN PEMBIMBING :

Dr. Ir. SONY SUWASONO, M.App.Sc. (DPU)

Ir. SUSIJAHADI, MS (DPA I)

Dr. Ir. SRI MULATO, MS (DPA II)

HALAMAN PENGESAHAN

Diterima oleh :

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER

Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (SKRIPSI)

Dipertahankan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 6 Agustus 2001

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember.

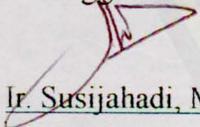
Tim Penguji

Ketua


Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App.Sc

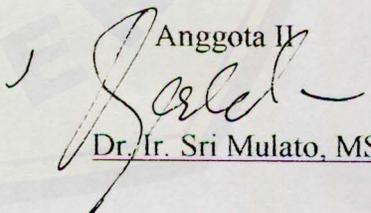
NIP. 131 832 332

Anggota I

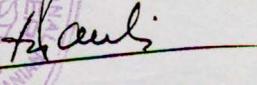

Ir. Susijahadi, MS

NIP. 130 287 109

Anggota II


Dr. Ir. Sri Mulato, MS

Mengesahkan
Dekan


Ir. Hj. Siti Hartanti, MS

NIP. 130 350 763

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Karya Ilmiah Tertulis (SKRIPSI) ini dengan baik. Karya Tulis ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Dalam menyelesaikan penulisan Karya Ilmiah Tertulis ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ir. Hj Siti Hartanti, MS selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian.
2. Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App.Sc selaku Dosen Pembimbing Utama dalam penulisan Karya Ilmiah Tertulis ini. Terima kasih atas bimbingan dan nasehat yang bersifat membangun.
3. Ir. Susijahadi, MS selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing dengan penuh kesabaran.
4. Dr. Ir. Sri Mulato, MS selaku Dosen Pembimbing Lapangan yang sudah banyak membantu dan memberi semangat dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Tertulis ini.
5. Ir. Cahya Ismayadi, MS yang telah membimbing selama penelitian di Laboratorium Pasca Panen, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Jember.
6. Mas Edy, Ibu Sulistyowati, Mbak Alfiyah, Mbak Yuli, Mbak Khusnul, Mbak Kartini, Mbak Ninik dan seluruh karyawan yang sudah banyak membantu kelancaran penelitian ini.
7. Teman seperjuanganku Mas Agung dan Wiwit. Semoga kita semua diberi kekuatan, ketabahan dan kesabaran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari kekurangan penulisan Karya Ilmiah Tertulis ini, oleh karena itu besar harapan penulis akan adanya masukan, saran dan kritik untuk penyempurnaan Karya Tulis ini. Akhirnya penulis berharap semoga Karya Tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Penulis

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN MOTTO.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN DOSEN PEMBIMBING.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
RINGKASAN.....	xiii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kopi.....	5
2.1.1 Asal usul dan Klasifikasi Kopi.....	5
2.1.2 Anatomi Buah Kopi.....	6
2.1.3 Komposisi Kimia Buah Kopi.....	6
2.2 Pengolahan Kering (<i>Dry Process</i>).....	7
2.3 Syarat Mutu Kopi Pengolahan Kering.....	10

2.4	Kontaminasi Kapang pada Beberapa Kondisi Pengolahan.....	11
2.5	Pengemasan.....	12
2.5.1	Pengemasan dalam Karung.....	12
2.5.2	Pengemasan Kedap Udara.....	13
2.6	Gudang Penyimpanan.....	13
2.7	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kerusakan Biji Kopi Selama Penyimpanan.....	14
2.7.1	Faktor Fisiko-Kimia.....	14
2.7.1.1	Kelembaban Nisbi dan Kadar Air.....	14
2.7.1.2	<i>Water activity</i> (a_w).....	15
2.7.1.3	Suhu.....	16
2.7.2	Faktor Fisiologis.....	16
2.7.3	Faktor Biologis.....	17
2.8	Identifikasi Kapang Toksigenik.....	18
2.8.1	<i>Aspergillus niger</i>	18
2.8.2	<i>Aspergillus flavus</i>	18
2.8.3	<i>Aspergillus ochraceus</i>	18
2.8.4	<i>Aspergillus wentii</i>	19
2.8.5	<i>Penicillium citrinum</i>	19
2.9	Hipotesis.....	19
III.	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1	Waktu dan Tempat.....	20
3.2	Bahan dan Alat.....	20
3.2.1	Bahan.....	20
3.2.1.1	Bahan Pengemas.....	21
3.2.2	Alat.....	22
3.2.2.1	Deskripsi Gudang Penyimpanan.....	22
3.2.2.2	Alat Ukur.....	22
3.3	Metode Penelitian.....	23

3.3.1 Rancangan Percobaan.....	23
3.3.2 Pelaksanaan Penelitian.....	23
3.4 Pengamatan.....	25
3.5 Prosedur Analisa.....	25
3.5.1 Identifikasi Kapang Toksigenik	25
3.5.1.1 Metode Penanaman Langsung	25
3.5.1.2 Metode Pengujian Langsung (<i>Direct Examination Method</i>)	26
3.5.2 Pengukuran a_w (R_H bahan).....	27
3.5.3 Pengukuran Suhu dan R_H gudang	27
IV. PEMBAHASAN	
4.1 Gudang penyimpanan.....	29
4.2 Penyimpanan Kopi Gelondong.....	30
4.2.1 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus niger</i>	30
4.2.2 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus flavus</i>	32
4.2.3 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus ochraceus</i>	34
4.3 Penyimpanan Kopi Beras.....	36
4.3.1 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus niger</i>	36
4.3.2 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus flavus</i>	39
4.3.3 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus ochraceus</i>	40
V. KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
1. Komposisi Kimia Biji Kopi.....	7
2. Jenis-jenis Kapang Penghasil Mikotoksin.....	12
3. Nilai Ambang Bawah a_w Beberapa Jenis Kapang.....	15
4. Jenis Pengemas dan Sifatnya.....	21



DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
1. Penampang Buah Kopi.....	6
2. Diagram Alir Proses Pengolahan Buah Kopi Secara Kering.....	8
3. Konstruksi Bangunan Gudang Penyimpanan.....	22
4. Hubungan antara Suhu Gudang dengan Tekanan Uap Air.....	28
5. Grafik Suhu dan Kelembaban Relatif Udara Gudang Penyimpanan.....	29
6. Fluktuasi Serangan <i>A. niger</i> pada Kopi Gelondong dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan.....	31
7. Fluktuasi Suhu Udara Gudang Selama Penyimpanan.....	32
8. Fluktuasi Serangan <i>A. flavus</i> pada Kopi Gelondong dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan.....	33
9. Fluktuasi Serangan <i>A. ochraceus</i> pada Kopi Gelondong dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan.....	34
10. Perubahan a_w Kopi Gelondong Selama Penyimpanan.....	35
11. Fluktuasi Serangan <i>A. niger</i> pada Kopi Beras dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan.....	37
12. Perubahan a_w Kopi Beras dalam Pengemas Karung Goni Selama Penyimpanan.....	38
13. Fluktuasi Serangan <i>A. flavus</i> pada Kopi Beras dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan.....	39
14. Fluktuasi Serangan <i>A. ochraceus</i> pada Kopi Beras dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN

1. Persentase Serangan Berbagai Jenis Kapang pada Kopi Gelondong Selama Penyimpanan
2. Persentase Serangan Berbagai Jenis Kapang pada Kopi Beras Selama Penyimpanan
3. Perubahan *Water Activity* Kopi Gelondong dan Kopi Beras Selama Penyimpanan
4. Suhu dan R_H Gudang dan Lingkungan pada Minggu Ke 0 dan 3
5. Suhu dan R_H Gudang dan Lingkungan pada Minggu Ke 6 dan 9
6. Suhu dan R_H Gudang dan Lingkungan pada Minggu Ke 12 dan 15
7. Jumlah Kapang yang Tumbuh pada Minggu Ke 0 dan 3
8. Jumlah Kapang yang Tumbuh pada Minggu Ke 6
9. Jumlah Kapang yang Tumbuh pada Minggu Ke 9
10. Jumlah Kapang yang Tumbuh pada Minggu Ke 12
11. Jumlah Kapang yang Tumbuh pada Minggu Ke 15
12. Perhitungan Suhu dan R_H Gudang

Wardatus Sholiha (971710101050), **Dinamika Perubahan Kapang Toksigenik pada Kopi Hasil Pengolahan Kering dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan.** Dosen Pembimbing Utama Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App.Sc, Dosen Pembimbing Anggota I Ir. Susijahadi, MS, Dosen Pembimbing Anggota II Dr. Ir. Sri Mulato, MS.

RINGKASAN

Kopi merupakan bahan minuman yang digemari karena aromanya yang harum, rasanya yang khas serta khasiatnya yang dapat memberikan rangsangan penyegaran badan. Penggemar kopi bukan hanya bangsa Indonesia, tetapi juga berbagai bangsa di dunia. Kopi merupakan salah satu komoditi perdagangan yang mempunyai arti cukup penting bagi bangsa Indonesia. Ekspor kopi pada tahun 1996 mencapai nilai US \$ 595.268.000. Stok kopi setiap tahun diperkirakan sebesar 85.000 ton kopi untuk keperluan konsumsi dalam negeri.

Melihat perolehan devisa dan jumlah kopi yang dikonsumsi dalam negeri tampaknya prospek kopi cukup menggembirakan, akan tetapi Indonesia masih mempunyai kendala yang cukup berat yaitu masih adanya sisa produksi tiap tahunnya. Hal ini mendorong timbulnya ide untuk menyimpan kopi sambil menunggu waktu pemasaran berikutnya. Biji kopi yang biasanya dikemas dalam karung goni itu selanjutnya disimpan di gudang sampai tiba waktu pemasaran. Akan tetapi, biji kopi yang disimpan dalam karung goni ini ternyata banyak ditumbuhi oleh beberapa jenis kapang toksigenik yang dapat membahayakan kesehatan konsumen. Oleh karena itu, maka perlu adanya penelitian tentang peluang penggunaan jenis pengemas lainnya dalam penyimpanan biji kopi ini untuk meminimalkan serangan kapang toksigenik pada biji kopi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis pengemas serta bentuk biji kopi yang paling aman dari serangan kapang toksigenik selama penyimpanan. Penelitian ini dititikberatkan pada dinamika perubahan kapang toksigenik yang menyerang biji kopi pada berbagai jenis pengemas yang digunakan. Sebagai faktor pendukung, dilakukan pengukuran terhadap *water activity* (a_w) bahan serta suhu dan kelembaban relatif gudang. Adapun jenis pengemas yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengemas karung plastik,

karung goni, bak plastik dan polibag, sedangkan biji kopi yang digunakan adalah biji kopi dalam bentuk kopi gelondong dan kopi beras. Masing-masing jenis kopi tersebut merupakan kopi hasil pengolahan kering (*dry process*) yang berasal dari Kebun Percobaan Kaliwining Jember. Metode Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan berbagai jenis penemas dan bentuk biji kopi (gelondong dan beras) berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang toksigenik. Pengemas polibag paling baik untuk penyimpanan biji kopi dalam bentuk kopi beras, sedangkan jenis pengemas karung plastik paling baik untuk penyimpanan kopi dalam bentuk kopi gelondong. Kombinasi perlakuan terbaik adalah penyimpanan bentuk kopi gelondong dalam pengemas karung plastik. Sedangkan jenis kapang yang dominan tumbuh pada semua bentuk fisik kopi dengan berbagai jenis pengemas adalah *A. niger* mencapai serangan sebesar 100%, diikuti dengan *A. flavus* sebesar 12% dan *A. ochraceus* sebesar 16%.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi (*Coffea sp*) termasuk dalam famili *Rubiaceae* dan genus *Coffea* (Najiyati dan Danarti, 1998). Kopi merupakan salah satu jenis minuman yang banyak digemari oleh bangsa Indonesia maupun bangsa lain di dunia. Kopi mempunyai nilai apabila dapat memberikan kepada konsumen perasaan senang dan kepuasan dari flavor (citarasa) dan aroma yang dikandungnya.

Jenis kopi yang paling banyak ditanam di Indonesia adalah jenis kopi robusta (*Coffea Canephora*). Keunggulan jenis kopi robusta ini adalah sangat cepat berkembang, resisten terhadap penyakit *Hemileia vastatrix* (karat daun) serta produksinya lebih tinggi daripada kopi arabika dan liberika (Najiyati dan Danarti, 1998).

Budidaya kopi di Indonesia sebagian besar diusahakan oleh rakyat dan hanya sebagian kecil oleh perkebunan negara dan swasta. Luas perkebunan rakyat pada tahun 1995 sebesar 1.040.007 ha, menghasilkan kopi sebanyak 394.469 ton. Perkebunan negara dengan luas 19.880 ha menghasilkan kopi sebanyak 12.322 ton. Sedangkan perkebunan swasta dengan luas areal 29.284 ha produksinya sebesar 11.181 ton (Anonim, 1996).

Bagi bangsa Indonesia kopi merupakan salah satu mata dagangan yang mempunyai arti cukup penting. Pada tahun 1993 ekspor kopi sebesar 349.916 ton menghasilkan devisa sebesar US \$ 344.208.000. Nilai ini terus meningkat dari tahun ke tahun. tercatat pada tahun 1996 sudah mampu menghasilkan devisa sebesar US \$ 595.268.000 dari ekspor kopi sebesar 366.602 ton (Anonim, 1998) dan menduduki peringkat pertama diantara komoditi ekspor sub sektor perkebunan (Kartasapoetra, 1991).

Proses pengolahan kopi dilakukan dengan dua cara, yaitu pengolahan kering (*dry process*) dan pengolahan basah (*wet process*). Pada umumnya budidaya yang diusahakan oleh rakyat menggunakan proses pengolahan secara kering sedangkan pengolahan secara basah banyak dilakukan oleh

perkebunan-perkebunan negara atau swasta. Keuntungan menggunakan proses pengolahan secara basah (*wet process*) yaitu menghasilkan biji kopi yang lebih bersih dari lapisan lendir, sedangkan kerugiannya adalah membutuhkan investasi besar untuk penyediaan sarana dan prasarana pengolahan serta konsumsi air pengolahan. Sedangkan keuntungan menggunakan *dry process* yaitu tidak membutuhkan biaya besar untuk mengolahnya sedangkan kerugiannya yaitu dihasilkan biji kopi yang masih dilekati oleh sisa-sisa lendir dimana sisa-sisa lendir tersebut merupakan media yang baik bagi pertumbuhan kapang serta tidak bisa mengendalikan waktu (lamanya) pengeringan karena sangat tergantung pada intensitas sinar matahari.

Proses pengupasan buah pada pengolahan kering (*dry process*) dilakukan setelah buah kopi dijemur di bawah sinar matahari sampai kadar airnya mencapai 12-13%, sedangkan untuk pengolahan basah (*wet process*) pengupasan terhadap pulpa (lapisan kulit kopi) dilakukan sebelum proses fermentasi. Pada pengolahan secara kering (*dry process*), kopi gelondong yang baru dipanen dari kebun langsung disortasi dengan sistem rambangan atas dasar perbedaan berat jenis buah kopi. Setelah sortasi gelondong, langsung dilakukan proses pengeringan dengan menggunakan sinar matahari selama 2-3 minggu. Setelah mencapai kadar air 12-13% kopi gelondong sudah cukup aman untuk disimpan di gudang sambil menunggu waktu pemasaran atau waktu pemrosesan lebih lanjut.

Selama ini biji kopi disimpan dalam gudang konvensional yang sangat sederhana dan dilengkapi dengan ventilasi untuk sirkulasi udara (Najiyati dan Danarti, 1998) serta banyak digunakan karung goni untuk mengemas hasil perkebunan tersebut (Ciptadi dan Nasution, 1981). Akan tetapi penyimpanan demikian memperlihatkan adanya serangan beberapa jenis kapang toksigenik pada biji kopi (Soeryobroto, 1981). Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian mengenai penggunaan berbagai jenis pengemas dalam penyimpanan biji kopi selama di gudang, disamping itu juga perlu dilakukan penelitian tentang bentuk fisik biji kopi (kopi gelondong atau beras) yang paling aman dalam penyimpanan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menentukan jenis pengemas yang cocok dan bentuk fisik kopi (kopi beras atau kopi gelondong) yang aman selama penyimpanan tanpa banyak menurunkan mutu mikrobiologis kopi.

1.2 Batasan Permasalahan

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada jenis kopi *robusta* dalam bentuk kopi gelondong dan kopi beras hasil pengolahan secara kering (*dry process*). Penyimpanan dilakukan di dalam gudang konvensional dengan menggunakan empat jenis pengemas yang berbeda, yaitu karung plastik, karung goni, bak plastik dan polibag. Tolok ukur penelitian adalah perubahan mutu mikrobiologis yaitu identifikasi jenis dan jumlah kapang toksigenik. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang akan dimonitor secara regular, meliputi faktor internal seperti *water activity* (a_w) dan faktor lingkungan penyimpanan, yaitu kelembaban relatif (R_H) dan suhu udara gudang.

1.3 Tujuan Penelitian

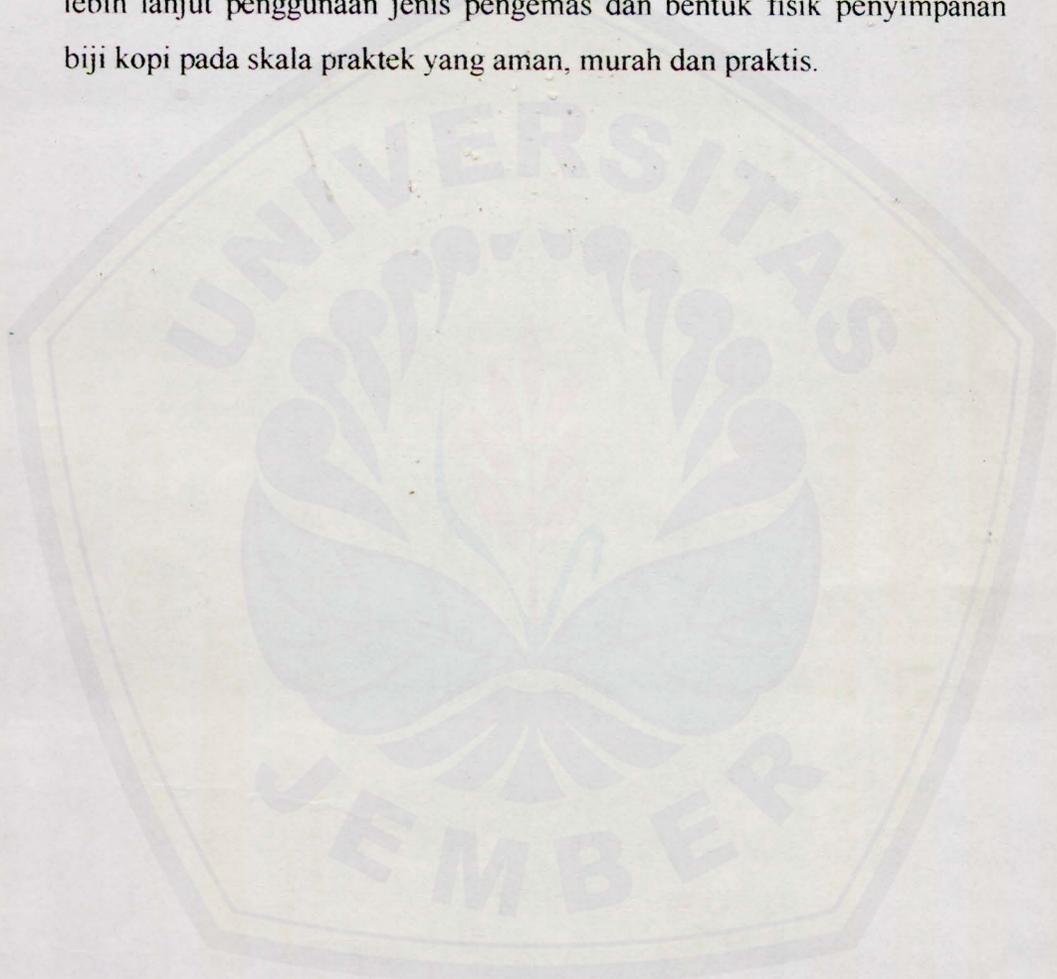
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Pengaruh jenis pengemas terhadap serangan kapang pada kopi hasil pengolahan kering dari aspek jenis dan jumlah kapang toksigenik yang menyerang biji kopi selama penyimpanan.
2. Pengaruh bentuk kopi (kopi gelondong dan kopi beras) terhadap serangan kapang pada kopi hasil pengolahan kering dari aspek jenis dan jumlah kapang toksigenik yang menyerang biji kopi selama penyimpanan.
3. Kombinasi perlakuan yang menghasilkan nilai serangan kapang terendah pada kopi hasil pengolahan kering selama penyimpanan.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah :

1. Data dasar metoda penggudangan yang optimal, dari aspek jenis pengemas dan bentuk fisik penyimpanan biji kopi hasil pengolahan kering.
2. Sumbangan pengetahuan dan acuan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut penggunaan jenis pengemas dan bentuk fisik penyimpanan biji kopi pada skala praktek yang aman, murah dan praktis.



2.1 Kopi

2.1.1 Asal Usul dan Klasifikasi Kopi

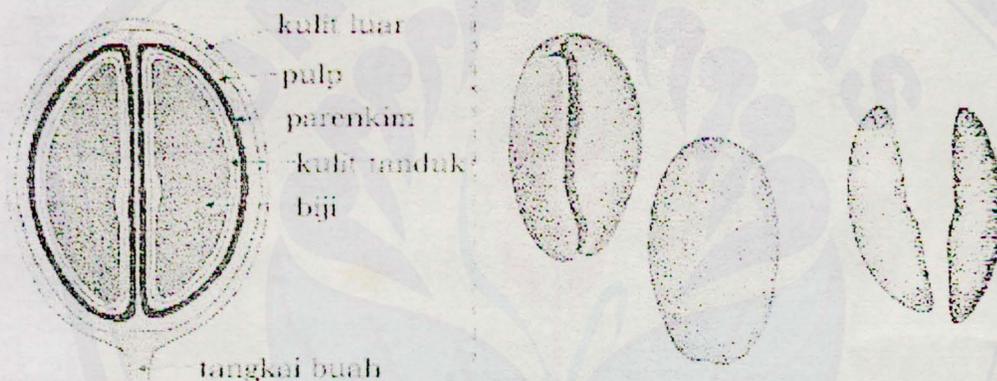
Kopi (*Coffea sp.*) adalah spesies tanaman berbentuk pohon yang termasuk dalam famili *Rubiaceae* dan genus *Coffea* (Najiyati dan Danarti, 1998). Menurut catatan sejarah, tanaman kopi (*coffea sp.*) ini mulai dikenal pertama kali di benua Afrika tepatnya di Ethiopia (Najiyati dan Danarti, 1998). Kopi merupakan salah satu minuman yang bersifat non alkoholik dan memiliki aroma dan rasa yang khas yang tidak dimiliki oleh bahan minuman yang lain. Hal ini menyebabkan komoditas kopi menjadi terkenal dan tersebar ke berbagai negara di Eropa, Asia dan Amerika (Spillane, 1990).

Jenis kopi yang pertama ditanam di Indonesia adalah kopi Arabika. Tahun 1696 daerah penanamannya di Jawa dan akhirnya tersebar ke berbagai tempat di Indonesia. Perkembangan jenis kopi Arabika ini mengalami kemunduran sebagai akibat serangan penyakit karat daun (*Hemileia vastatrix*), maka penanamannya di dataran rendah tidak dimungkinkan lagi. Untuk mengatasinya maka pada tahun 1876 mengimpor jenis kopi Liberika, tetapi ternyata terserang juga dan rasanya terlalu masam, akhirnya jenis kopi ini tidak ditanam lagi. Pada tahun 1900 pengusaha perkebunan memasukkan ke Indonesia jenis kopi robusta (*Coffea Canephora*) yang berasal dari Kongo Belgia yang memiliki sifat tahan penyakit *Hemileia vastatrix* (Spillane, 1990). Dari segi produksi yang paling menonjol dalam kualitas dan kuantitas adalah jenis Arabika, andilnya dalam pasokan dunia tak kurang dari 70%. Jenis robusta yang mutunya berada di bawah Arabika mengambil bagian 24% produksi dunia, sedangkan Liberika dan Excelsa masing-masing 3% (Spillane, 1990).

2.1.2 Anatomi Buah Kopi

Buah kopi terdiri dari daging buah dan biji. Daging buah terdiri atas tiga bagian yaitu : lapisan kulit luar (*exocarp*), lapisan daging (*mesocarp*) dan lapisan kulit tanduk (*endocarp*) yang tipis tetapi keras. Buah kopi umumnya mengandung dua butir biji, tetapi kadang-kadang hanya mengandung satu butir atau bahkan tidak berbiji (hampa) sama sekali. Biji ini terdiri atas kulit biji dan lembaga. Lembaga atau sering disebut *endosperm* merupakan bagian yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat minuman kopi (Najiyati dan Danarti, 1998).

Bagian-bagian buah kopi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Penampang Buah Kopi

2.1.3 Komposisi Kimia Buah Kopi

Minuman kopi bukan hanya sekedar minuman yang beraroma khas dan merangsang karena mengandung kafein, tetapi minuman ini juga mengandung beberapa zat yang bermanfaat bagi tubuh meskipun kadarnya tidak terlalu tinggi. Komposisi kimia biji kopi beras dapat dilihat dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Kimia Biji Kopi

Bahan	Kopi Bernas (%)
Air	11,25
Kaffein	1,21
Lemak	12,27
Gula	8,55
Selulosa	18,07
Bahan ber-N (protein)	12,07
Bahan tanpa-N	32,54
Abu	3,92
Total	100

Sumber : Ciptadi (1985).

Setiap satu kilogram bobot kering buah kopi terdiri dari 28,7% pulpa kering, 11,9% kulit tanduk, 55,4% biji kopi dan sekitar 4,9% dihasilkan lendir kering. Pulpa kopi kering mengandung air 12,6%, serat kasar 21%, abu 8,3%, gula reduksi 12,4%, ekstrak nitrogen 44,4%. Kulit tanduk kering menandung air 7,8%, serat kasar 77%, abu 0,5%, ekstrak 18,9% (Elias, 1979).

2.2 Pengolahan Kering (*Dry Process*)

Pengolahan buah kopi bertujuan untuk menghasilkan biji kopi dengan kadar air tertentu dan siap dipasarkan (Ciptadi dan Nasution, 1985). Proses pengolahan secara kering merupakan proses pengolahan kopi tanpa melalui tahap fermentasi. Pengolahan secara kering terutama ditujukan untuk kopi robusta, karena tanpa fermentasi sudah dapat diperoleh mutu yang cukup baik, tetapi tidak menutup kemungkinan jenis kopi robusta ini dikelola secara basah.

Pengolahan secara kering sangat cocok untuk petani yang lahannya tidak terlalu luas, karena alat pengolahannya sederhana dan relatif murah, akan tetapi mutu kopi hasil pengolahan kering lebih rendah. Sedangkan pada pengolahan basah biasanya memerlukan modal yang lebih besar, tetapi lebih cepat

pemrosesannya dan menghasilkan mutu yang lebih baik. Oleh sebab itu, pengolahan secara basah banyak dilakukan oleh PTP, perkebunan swasta yang cukup besar, atau kelompok tani yang membentuk koperasi (Najiyati dan Danarti, 1998).

Pada proses pengolahan secara basah terdapat proses fermentasi yang bertujuan untuk membantu melepaskan lapisan lendir yang masih menyelimuti lapisan biji kopi setelah biji kopi keluar dari mesin pulper.

Proses pengolahan cara kering secara garis besarnya dapat dilihat pada **Gambar 2.**



Gambar 2. Diagram Alir Proses Pengolahan Buah Kopi Secara Kering

Keterangan :

1. Sortasi gelondong

Kopi yang baru dipetik dari lahan disebut kopi gelondong basah. Sortasi bertujuan untuk memisahkan kopi merah yang sehat dengan kopi yang berwarna hijau, hampa dan terserang bubuk serta bagian lain yang terikut pada saat dipanen dari lahan, seperti daun-daun dan ranting.

Sortasi pada awal pengolahan ini dilakukan setelah kopi datang dari kebun. Sortasi dilakukan dengan menggunakan sistem rambangan dimana kopi gelondong basah diletakkan dalam wadah berisi air, selanjutnya sistem rambangan ini bekerja berdasarkan perbedaan berat jenis kopi. Kopi yang memiliki berat jenis lebih rendah dari berat jenis air akan mengambang dan selanjutnya bahan-bahan yang mengambang ini dapat dipisahkan.

2. Pengeringan

Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air bahan sampai mencapai kadar air yang aman untuk disimpan. Pengeringan dapat dilakukan dengan cara alami, buatan dan kombinasi keduanya. Pengeringan cara alami dilakukan bila udara cerah dengan penjemuran di atas lantai semen/tikar/anyaman bambu dengan ketebalan 1,5 cm atau kira-kira dua lapisan. Penggunaan lantai jemur sebagai alas dapat berfungsi untuk mencegah kontaminasi dengan tanah, disamping itu juga berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan, karena kelembaban tanah tidak menghambat proses penguapan air dari buah kopi atau *rewetting* (Ismayadi, 1998).

Penjemuran merupakan proses pengurangan kadar air bahan dengan memanfaatkan radiasi matahari. Selama penjemuran dilakukan pembalikan setiap 1-2 jam supaya pengeringan bisa merata. Bila matahari terik penjemuran bisa berlangsung selama 10-14 hari, tetapi bila agak mendung penjemuran bisa berlangsung selama 3 minggu (Najiyati dan Dariarti, 1998). Lama pengeringan tergantung ketebalan, cuaca dan frekuensi pengadukan (Sivetz dan Foote, 1973).

Pengeringan cara buatan digunakan pada musim hujan atau pada saat udara mendung dengan alat pengering mekanis yang hanya memerlukan waktu

± 18 jam. Kopi dalam alat pengering harus sering diaduk 1 jam sekali sampai kadar air kopi mencapai 25-30%, kemudian pengadukan 2 jam sekali sampai kadar air kopi mencapai 10-13%. Suhu berkisar 60-65°C. Biji kopi yang sudah kering dapat disimpan dalam bentuk geiondong atau dapat langsung dikupas kulit keringnya (Djumarti, 1999).

3. Pengupasan Kulit (*Hulling*)

Hulling pada pengolahan kering bertujuan untuk memisahkan biji kopi dari kulit buah, kulit tanduk, dan kulit arinya sehingga diperoleh kopi beras. Kopi beras yaitu biji kopi kering yang sudah terlepas dari kulit buah kering, kulit tanduk dan kulit arinya (Anonim, 1992).

Hulling dilakukan dengan menggunakan mesin pengupas (*huller*). *Huller* mempunyai sebuah silinder berputar horisontal pada permukaannya terdapat pisau dengan arah memanjang dan miring. Besar pisau dapat diatur menurut ukuran biji kopi yang akan dikupas. Prinsip kerja alat ini adalah gesekan antara biji kopi dengan biji kopi yang lain atau biji kopi dengan permukaan silinder sehingga kulit tanduk dan kulit ari terkelupas (Djumarti, 1999).

4. Sortasi Biji

Sortasi biji dimaksudkan untuk membersihkan kopi beras dari kotoran sehingga memenuhi syarat mutu, dan mengklasifikasikan kopi tersebut menurut standart mutu yang telah ditetapkan. Sortasi biji ini bertujuan untuk membersihkan kopi dari kopi gelondong, kopi berkulit tanduk, kotoran seperti pecahan ranting, kulit biji, tanah, kerikil, serangga, biji berjamur, dan berbau busuk (Najiyati dan Danarti, 1998).

2.3 Syarat Mutu Kopi Pengolahan Kering

Syarat mutu kopi hasil pengolahan kering yaitu :

1. Kadar air maksimal 13%
2. Kadar kotoran berupa ranting, batu, gumpalan tanah dan benda-benda asing lainnya maksimal 0,5% (bobot/bobot).
3. Bebas dari serangga hidup.

4. Bebas dari biji yang berbau busuk, berbau kapang.
5. Biji tidak lolos ayakan ukuran 3mm x 3 mm (8 mesh) dengan maksimal lolos 1% (bobot/bobot).
6. Untuk bisa disebut biji ukuran besar, harus memenuhi persyaratan tidak lolos ayakan ukuran 5,6 mm x 5,6 mm (3,5 mesh) dengan maksimal lolos 1% (bobot/bobot) (Najiyati dan Danarti, 1998).

2.4 Kontaminasi Kapang pada Beberapa Kondisi Pengolahan

Buah kopi segar pada dasarnya mudah terkontaminasi oleh mikroorganisme ketika kontak dengan lingkungan yang tidak steril karena kandungan air dan nutrisinya masih sangat tinggi (Ismayadi, 1998). Ada hipotesis yang menyebutkan bahwa makin banyak kontaminan di permukaan buah, makin tinggi tingkat kontaminasi pada biji di dalamnya. Hal tersebut perlu dikaji lebih lanjut (Ismayadi, 1998).

Selama proses pengeringan terjadi penurunan kadar air. Secara umum juga terjadi perubahan jenis mikroba yang dominan menginfeksi buah dan biji. Jenis non-xerofilik menjadi jenis-jenis xerofilik dan jenis-jenis yang semula dominan seperti *F. Stilboides* dan *yeast* diganti oleh golongan *A. niger* dan kapang xerofilik lainnya. Kapang xerofilik adalah jenis kapang yang dapat tumbuh di bawah a_w 0,85 (Ismayadi, 1998).

Hasil pengamatan terhadap beberapa contoh kopi jenis robusta dari perkebunan besar dan rakyat ditemukan jenis *A. flavus* tetapi pada umumnya tingkat kontaminasinya masih rendah. Jenis tersebut walaupun berpotensi menghasilkan aflatoksin, tetapi pada kopi kadarnya sangat kecil atau tidak terdeteksi. Hal tersebut diduga karena adanya penghambatan pembentukan aflatoksin oleh kafein. Mekanisme penghambatan pembentukan aflatoksin oleh kafein perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut (Nakajima *et al.*, 1997).

Beberapa jenis kapang penghasil mikotoksin dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Jenis-jenis Kapang Penghasil Mikotoksin

Jenis kapang	Mikotoksin yang mungkin dihasilkan *)
<i>A. niger</i> **)	-
<i>A. ochraceus</i>	ochratoxin A (OTA)
<i>A. wentii</i>	-
<i>A. flavus</i>	afлатоксин B1
<i>P. citrinum</i>	citrinin

*) Frisvad dan Thrane (1996), **Mikotoksin tersebut belum tentu ada pada kopi.**

**) Beberapa galur dapat menghasilkan OTA (Ono *et al.*, 1995).

2.5 Pengemasan

Pengemasan memegang peranan penting dalam penyimpanan bahan pangan. Kemasan dapat mencegah atau mengurangi terjadinya kerusakan bahan yang disimpan. Kemasan membatasi bahan pangan dengan lingkungan sekeliling untuk mencegah atau menghambat proses kerusakan selang waktu yang dibutuhkan. Pada umumnya bahan yang disimpan rusak oleh adanya uap air yang tinggi dalam udara. Disamping itu, adanya oksigen juga dapat mempercepat kerusakan karena gas ini merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang yang bersifat aerob (Buckle, *et al.*, 1987).

2.5.1 Pengemasan dalam Karung

Cara pengemasan biji kopi umumnya dilakukan dalam karung. Karung goni memiliki sifat negatif yaitu ventilasi yang terjadi kurang sempurna, sehingga pada waktu dipakai panas hasil pernapasan sukar keluar dan terkumpul di dalam yang akhirnya dapat merusak hasil pertanian (Ciptadi dan Nasution, 1981). Proses oksidasi pada kemasan karung goni ini mungkin terjadi walaupun peluangnya sangat kecil, karena pengemas karung goni tersusun dari senyawa

alami berupa selulosa yang terdiri dari senyawa glukosa dimana glukosa adalah senyawa yang dapat teroksidasi menjadi senyawa lain berupa CO₂ dan H₂O (Winarno, *et al.*, 1980).

2.5.2 Pengemasan Kedap Udara

Penyimpanan kedap udara dilakukan dengan cara memasukkan biji kopi ke dalam kantong polietilen dan ditutup rapat (“sealed”). Penyimpanan cara ini juga dapat dilakukan dengan mengemas biji kopi dalam karung. Tumpukan karung kemudian ditutup rapat dengan lembaran plastik polietilen.

Plastik adalah bahan polimer organik dari berbagai struktur kimia. Wadah yang dibuat dari plastik dapat berbentuk foil (lapisan tipis), kantong atau bentuk lain. Bahan yang digunakan untuk membuat plastik adalah selulosa, polietilen, polipropilen, poliamida dan lain-lain (Winarno dan Sri Laksmi, 1983).

Hasil penelitian oleh Majumdar, *et al.* (1961) menunjukkan bahwa lembaran polietilen dapat menahan penyerapan uap air oleh biji kopi dan keadaan mutu biji secara umum relatif tetap selama penyimpanan 10 bulan.

2.6 Gudang Penyimpanan

Tujuan penyimpanan biji kopi antara lain untuk menjaga mutu biji kopi selama menunggu pemasaran atau proses lanjut untuk pengolahan akhir. Oleh sebab itu, kondisi gudang harus dapat mempertahankan mutu, mengamankan dari serangan hama dan penyakit, mempermudah penanganan, pengangkutan, perhitungan jumlah dan identifikasi (Sri Mulato dan Yusianto, 1999).

Gudang penyimpanan kopi yang baik harus mempunyai syarat :

1. Mempunyai aliran udara (ventilasi) yang lancar dan cukup agar suhunya bisa lebih konstan (stabil).
2. Suhu gudang yang optimal $\pm 20^{\circ}\text{C}$ – 25°C dengan kelembaban 50-70%. Gudang yang terlalu lembab akan menyebabkan kopi mudah terserang jamur.
3. Gudang harus bersih, bebas dari hama dan penyakit serta bau-bau asing.

4. Karung ditumpuk di lantai yang di beri alas bambu/ kayu setinggi ± 10 cm. Pada sisi bawah dan samping tidak boleh berhubungan langsung dengan tembok atau lantai karena bisa menyebabkan kopi menjadi lembab (Najiyati dan Danarti, 1990).

2.7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kerusakan Biji Kopi Selama Penyimpanan

Penurunan mutu bahan yang terjadi selama penyimpanan dapat menimbulkan kerugian ekonomis yang tidak sedikit. Faktor utama yang mempengaruhi kerusakan selama penyimpanan yaitu faktor fisiko-kimia, faktor fisiologis dan biologis. Faktor fisiko-kimia meliputi suhu dan kelembaban, faktor fisiologis meliputi pemanasan dan pernapasan, sedangkan faktor biologis berhubungan dengan mikroorganisme terutama dari jenis kapang (Yudawinata, 1982).

2.7.1 Faktor Fisiko-Kimia

Faktor-faktor fisiko-kimia yang berpengaruh terhadap kerusakan biji kopi selama penyimpanan adalah kelembaban nisbi (R_H) serta suhu gudang dan lingkungan.

2.7.1.1 Kelembaban Nisbi dan Kadar Air

Kelembaban dapat menurunkan mutu bahan melalui dua cara yaitu mempengaruhi kadar air bahan dan membantu pertumbuhan kapang (Hall, 1970).

Kelembaban relatif maksimal ruang simpan yang dianggap aman adalah 70 % (Atmamawinata, 1995). Bila kelembaban udara terlalu tinggi maka biji akan mudah rusak, baik oleh faktor dari dalam maupun dari luar biji. Tetapi bila terlalu rendah maka biji akan mengalami susut bobot akibat adanya penguapan airnya.

Kadar air merupakan kunci penentu dalam mendapatkan tingkat aman dalam penyimpanan. Aktivitas mikrobiologis hanya akan terjadi bila ada uap air atau air (Hall, 1970; Sinha, 1973). Kadar air bahan juga menentukan kemampuan pertumbuhan hama gudang. Pertumbuhan serangga, tungau dan mikroorganisme akan berkurang bila kadar air bahan di bawah 12% (Bond, 1973).

2.7.1.2 Water activity (a_w)

Water activity (a_w) adalah jumlah air bebas dalam bahan makanan yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk melakukan aktivitasnya. Nilai a_w suatu bahan merupakan perbandingan tekanan uap air dalam bahan (P) dengan tekanan uap air murni (P_o) pada suhu yang sama, $a_w = P / P_o$ (Winarno, *et al.*, 1980).

Kebutuhan a_w untuk keaktifan mikroba biasanya dinyatakan dalam istilah *water activity* (a_w), yang mempunyai hubungan dengan kelembaban nisbi udara. Kelembaban nisbi adalah perbandingan antara tekanan uap air di udara dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama. Kelembaban nisbi menunjukkan keadaan atmosfer di sekeliling bahan atau larutan. Pada keadaan keseimbangan, a_w akan seimbang dengan R_H atau a_w sama dengan $R_H / 100$ (Winarno, *et al.*, 1980).

Tabel 3 menunjukkan nilai ambang bawah a_w untuk pertumbuhan kapang pada suhu pertumbuhan optimal.

Tabel 3. Nilai Ambang Bawah a_w Beberapa Jenis Kapang

Jenis-jenis kapang	a_w minimal untuk pertumbuhan
<i>Aspergillus flavus</i>	0.78 – 0.80
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.76 – 0.83
<i>Aspergillus wentii</i>	0.73 – 0.75 ; 0.79 *
<i>Aspergillus niger</i>	0.77
<i>Penicillium citrinum</i>	0.80 – 0.82

sumber : Frisvad dan Samson (1991).

- diuji dengan larutan NaCl

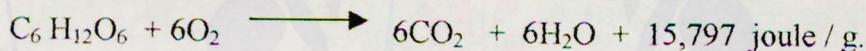
2.7.1.3 Suhu

Suhu ruang penyimpanan berpengaruh terhadap laju pertumbuhan hama gudang. Kadar relatif dari uap air di atmosfer menurun bila suhu udara meningkat (Hall, 1970).

Suhu udara dalam gudang dipengaruhi oleh kondisi udara di luar gudang (Muriithi, 1978 ; Hall, 1970). Perubahan suhu akan berpengaruh nyata pada konsistensi mutu biji kopi, karena biji kopi mudah menyerap atau melepaskan uap air dari atau ke udara sekitarnya (Muriithi, 1978).

2.7.2 Faktor Fisiologis

Menurut Ciptadi dan Nasution (1981), hasil pertanian terdiri dari sel yang masih hidup dan selama penyimpanan terjadi proses pernapasan (respirasi) terus-menerus serta menghasilkan CO_2 dan panas dengan reaksi kimia berikut :



Menurut Slamet Zubaidi (1982), proses respirasi selama penyimpanan sedikit sekali, tetapi dengan adanya berbagai mikroba yang hidup pada bahan tersimpan akan mempercepat kerusakan.

Pada kadar air yang tinggi proses metabolisme makin cepat dan enzim-enzim yang berperan dalam metabolisme seperti enzim amilase, peptidase dan lipase semakin aktif. Enzim-enzim akan menguraikan senyawa-senyawa karbohidrat, protein, lemak-minyak dan senyawa-senyawa lain sehingga akan menurunkan mutu kopinya (Siswoputranto, 1981).

Kadar air biji kopi selama penyimpanan dapat mengalami peningkatan melebihi 12%. Pada tingkat kadar air 12% ini biji kopi dalam keadaan dorman yang menyebabkan enzim-enzim tidak mengadakan aktivitas. Hal ini mengakibatkan proses metabolisme menjadi terhambat. Oleh sebab itu disarankan untuk menurunkan kadar air kopi sampai 12% dengan kisaran 1% (Siswoputranto, 1981).

2.7.3 Faktor Biologis

Menurut Garay *et al.*, (1987) selama penyimpanan mutu kopi akan dipengaruhi secara nyata oleh kapang. Kapang adalah kelompok mikroba yang tergolong dalam fungi yang mempunyai filamen (miselium). Pertumbuhan kapang dapat dilihat dari perubahan warna yang semula putih menjadi warna lain tergantung dari jenis-jenis kapang. Kapang penyebab kerusakan mutu biji kopi umumnya adalah *Penicillium*, *A. ochraceus*, *A. flavus* dan *A. niger*.

Pertumbuhan kapang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti nutrisi, kelembaban, suhu, oksigen dan sebagainya (Alexander, 1976).

Pertumbuhan kapang berhubungan secara langsung dengan zat-zat makanan yang ada di dalam biji kopi sebagai media untuk perkembangbiakan. Molekul-molekul sederhana seperti gula yang larut, lapisan air yang terdapat pada sekeliling hifa dapat langsung diserap oleh hifa kapang (Frazier dan Westhoff, 1978).

Kapang jenis *Aspergilli* dan *Penicillium* akan tumbuh apabila lingkungan penyimpanan memiliki kelembaban yang cukup yaitu dengan a_w (kelembaban relatif kesetimbangan) ≥ 0.8 . Populasinya cepat tumbuh pada kelembaban relatif 82.5 % atau lebih, namun pada kelembaban relatif 50-60 % populasinya relatif tetap (Ismayadi, 1986).

Kapang umumnya bersifat mesofilik, yaitu tumbuh baik pada suhu kamar (Fardiaz, 1987). Pertumbuhan kapang lebih cepat bila suhu udara lebih tinggi sampai 35°C (Ismayadi, 1986). Secara umum golongan *Penicillia* dapat hidup pada suhu lebih rendah dibanding *Aspergilli*. Kebanyakan *Penicillia* mempunyai suhu pertumbuhan optimal 25-30°C, sedangkan kebanyakan *Aspergilli* pada suhu 30-40°C (Ismayadi, 1998).

Oksigen juga mempengaruhi pertumbuhan dan produksi mikotoksin. Secara umum pertumbuhan dan produksi mikotoksin akan terhambat pada lingkungan dengan oksigen terbatas (Ismayadi, 1998).

2.8 Identifikasi Kapang Toksigenik

2.8.1 *Aspergillus niger*

Koloni kapang jenis *A. niger* yang tumbuh di atas medium agar pada suhu 25°C telah mencapai diameter 4-5 cm selama 7 hari, berwarna dasar putih atau kuning secara kompak dengan lapisan lebat konidiospora yang berwarna coklat tua sampai hitam. Kepala konidia berwarna hitam, berbentuk memancar, cenderung untuk membelah menjadi bagian - bagian yang lebih longgar. Konidiospora memiliki dinding yang rata. Konidia berdiameter 3.5-5 mikrometer, berwarna coklat, dilengkapi dengan permukaan yang berduri secara tidak teratur.

2.8.2 *Aspergillus flavus*

Koloni *A. flavus* pada medium agar pada suhu 25°C telah mencapai 3-5 cm selama 7 hari, mengandung konidiospora berwarna kuning sampai hijau. Kepala konidia bertipe radial (memancar), semula berwarna kuning-hijau menjadi warna kuning-hijau yang lebih tua. Benang konidiosporanya mempunyai permukaan yang kasar, mencapai lebar 1.0 mm. Konidia berdiameter 3.6 mikrometer, berwarna hijau pucat.

2.8.3 *Aspergillus ochraceus*

Koloni *A. ochraceus* pada permukaan medium pada suhu 25°C mencapai diameter 2.5-3.5 cm selama 7 hari, mengandung konidiaspora berwarna kuning. Kepala konidia berwarna kuning, berbentuk bulat ketika usianya masih muda kemudian membelah menjadi dua bagian atau lebih. Konidiospora mempunyai lebar 1.5 mm, berwarna kuning kemudian menjadi coklat pucat, berdinding kasar. Konidia berdiameter 2.5-3.0 mikrometer.

2.8.4 *Aspergillus wentii*

Koloni *A. wentii* tumbuh pada permukaan agar pada suhu 25°C, berkembang biak secara terbatas, mencapai diameter 2-3.5 cm setelah 7 hari. Kepala konidia berwarna kuning-coklat untuk usia kapang yang masih muda. Kepala konidia berukuran besar, berbentuk memancar (radial) dan mencapai diameter 500 mikrometer. Lebar konidiospora mencapai beberapa milimeter, berdiameter 10-25 mikrometer, sedikit berwarna. Semula konidia berbentuk elips tetapi kemudian menjadi bagian bagian bulat, berwarna kuning-coklat, berukuran 4.5-5.0 (6.0) mikrometer, berdinding kasar dan selalu menunjukkan jaringan berwarna dan bertekstur kasar, tanpa dinding ganda.

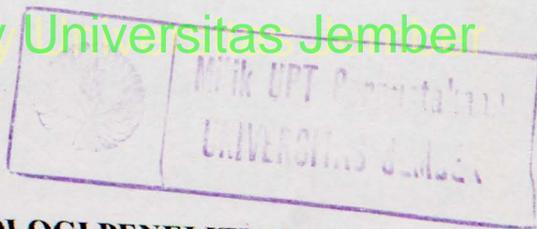
2.8.5 *Penicillium citrinum*

Koloni dari *P. citrinum* pada permukaan media pada suhu 25°C tumbuh secara terbatas pada diameter 1-1.5 cm selama 7 hari, mengandung konidiospora yang lebat. Permukaan kulit berwarna biru kehijauan. Konidiospora berukuran 50-200 x 2-3 mikrometer serta mempunyai permukaan yang halus. Konidia berbentuk bulat, berdinding halus dan kasar pada ujungnya (Samson dan Hoekstra, 1996).

2.9 Hipotesis

Dalam penelitian ini dikemukakan hipotesis sebagai berikut :

1. Jenis pengemas berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang pada biji kopi hasil pengolahan kering.
2. Bentuk biji kopi yang disimpan (kopi gelondong atau beras) berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang pada biji kopi hasil pengolahan kering.
3. Terdapat kombinasi perlakuan yang paling optimal dalam penyimpanan biji kopi hasil pengolahan kering.



III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pasca Panen Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia di Jember. Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2000 – Februari 2001.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan biji kopi jenis robusta yang diperoleh dari kebun Percobaan Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Kaliwining Jember. Biji kopi merupakan hasil pengolahan kering (*dry process*) yang berada dalam bentuk kopi gelondong dan kopi beras dengan kadar air 12-13%.

Media yang dipergunakan untuk identifikasi kapang toksigenik yang tumbuh di permukaan biji kopi adalah DG 18 (Dichloran 18 % Glycerol Agar). Komposisi dan cara pembuatannya untuk volume media 1000 ml sebagai berikut :

1. Glucose	10 g
2. KH_2PO_4	1 g
3. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5 g
4. Peptone	5 g
5. Agar	15 g
6. Glycerol	205 ml

(aduk, tambahkan aquadest sampai tepat 1000 ml. Sterilisasi pada 121°C selama 15-20 menit, setelah cukup dingin (60°C) tambahkan campuran Dichloran + Chloramphenicol)

7. Dichloran + Chloram	1 ml
------------------------	------

3.2.1.1 Bahan Pengemas

Bahan pengemas yang dipergunakan antara lain adalah karung plastik, karung goni, bak plastik, polibag. Spesifikasi bahan pengemas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Jenis Pengemas dan Sifatnya

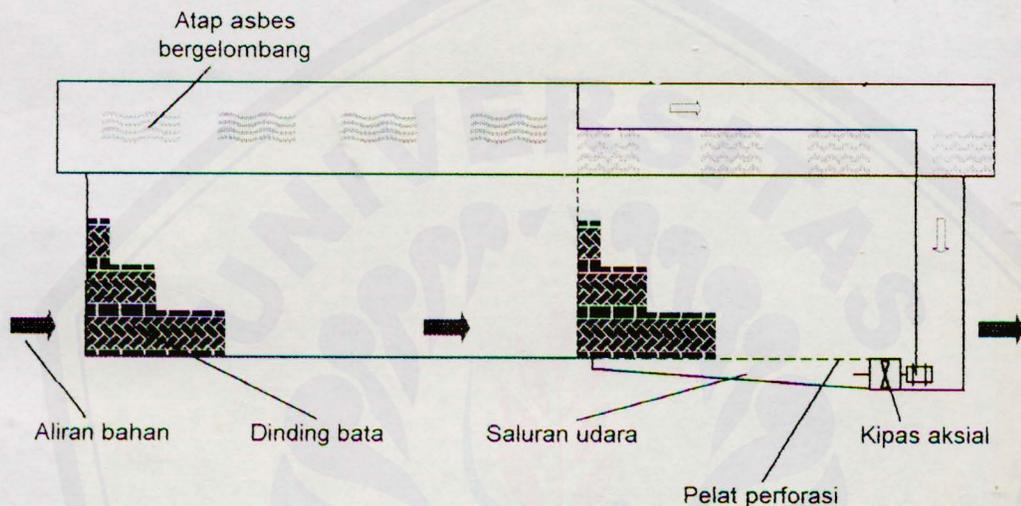
No.	Bahan	Jenis Pengemas	Rumus Kimia	Sifat
1.	Polypropilen	Karung plastik	$(C_3H_6)_n$	Kuat, ringan daripada polyetilen, daya tembus uap air rendah, stabil terhadap suhu tinggi, ketebalan 0.15 cm, densitas 0.9 g/cm^3 .
2.	Selulosa	Karung goni	D-glukosa dengan ikatan 1,4 β glikosida	Kokoh, tidak larut, memiliki daerah amorf yang bersifat mudah menyerap air dan mengembang, ketebalan 0.235 cm.
3.	Polyvinyl chlorid	Bak plastik	$(C_2H_3Cl)_n$	Tebal, memiliki ketahanan mekanis yang sangat baik, ketebalan 0,24 cm.
4.	Polyetilen (HDPE/ High Density Poly Ethylen)	Polibag	$(C_2H_4)_n$	Memberi perlindungan yang baik dari air dan meningkatkan stabilitas terhadap panas, ketebalan 0,15 mm, densitas 0.960 g/cm^3 .

Sumber : Buckle, *et al* (1987), Austin (1985), Schlegel (1994).

3.2.2 Alat

3.2.2.1 Deskripsi Gudang Penyimpanan

Konstruksi gudang dibuat dari batu bata dengan beton bertulang, lantai dari semen dan kuda-kuda atap dari baja profil I (ukuran 150 mm). Luas lantai efektif untuk bangunan gudang adalah panjang 19 m, lebar 8 m dan tinggi dinding 5 m (**Gambar 3**).



Gambar 3. Konstruksi Bangunan Gudang Penyimpanan.

3.2.2.2 Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan adalah , timbangan, jarum jahit, tali rafia, rak penyimpanan, termometer dan unit komputer. Untuk peralatan yang digunakan di laboratorium adalah higrometer, termometer, desikator, aluminium foil, timbangan, beaker glass, spatula, gelas ukur, oven, tabung reaksi, autoklaf, petridish, bunsen dan pinset.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian yang digunakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 ulangan. Hasil penelitian yang diperoleh diolah menggunakan Metode Deskriptif dengan 2 faktor sebagai berikut :

1. Faktor bentuk fisik biji kopi :

- kopi gelondong (A₁)
- kopi beras (A₂)

2. Faktor jenis pengemas:

- karung plastik (B₁)
- karung goni (B₂)
- bak plastik (B₃)
- polibag (B₄)

Dari faktor tersebut diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut :

A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₁ B ₄
A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃	A ₂ B ₄

Keterangan :

1. Kopi gelondong : buah kopi kering.

Buah kopi kering ialah biji kopi kering yang masih terbungkus oleh kulit majemuknya, baik dalam keadaan utuh ataupun besarnya sama atau lebih dari $\frac{3}{4}$ bagian kulit majemuk yang utuh (Anonim, 1992).

2. Kopi beras ialah biji kopi kering yang sudah terlepas dari daging buah, kulit tanduk dan kulit arinya (Djumarti, 1999).

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Urutan kegiatan penelitian adalah sebagai berikut :

a. Pembersihan gudang.

Sebelum gudang dipergunakan dilakukan pembersihan gudang dari kotoran dan benda-benda asing lainnya.

b. Persiapan alat.

Alat-alat yang akan digunakan untuk penelitian disiapkan dalam gudang, seperti rak tempat peletakan kopi yang telah dikemas dan alat-alat lainnya yang diperlukan di gudang (timbangan, jarum jahit, tali rafia, karung-karung dan bak penyimpanan), termasuk juga penyiapan unit komputer dan sensor suhu.

c. Persiapan bahan.

Untuk kopi jenis gelondong setelah sortasi gelondong kering dapat langsung dikemas, sedangkan untuk jenis kopi beras harus dilakukan proses pengupasan kulit (*hulling*) sehingga diperoleh biji kopi beras.

d. Pengemasan.

Kopi yang telah disortasi selanjutnya dikemas di dalam empat jenis pengemas, yaitu : karung plastik, karung goni, bak plastik dan polibag, masing-masing sebanyak 10 kg dan untuk satu jenis pengemas dibuat ulangan tiga kali. Setelah dikemas kemudian masing-masing kemasan diberi kode-kode sebagai identitas kopi.

e. Penyimpanan.

Kopi yang telah dikemas kemudian diletakkan dalam rak-rak penyimpanan yang telah disediakan. Masing-masing disimpan di dalam gudang konvensional selama 4 bulan.

f. Pengambilan sampel.

Sampel diambil dan dilakukan analisa mulai penyimpanan 0 hari dan selanjutnya berselang 3 minggu sekali.

Masa simpan sampel adalah sebagai berikut :

M_0 = masa simpan 0 minggu

M_1 = masa simpan 3 minggu

M_2 = masa simpan 6 minggu

M_3 = masa simpan 9 minggu

M_4 = masa simpan 12 minggu

M_5 = masa simpan 15 minggu

3.4 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan adalah :

Identifikasi (jenis dan jumlah) kapang toksigenik yang tumbuh pada permukaan biji kopi dengan parameter pengukuran :

- a. a_w (R_H bahan).
- b. Suhu gudang.
- c. R_H gudang.

3.5 Prosedur Analisa

3.5.1 Identifikasi Kapang Toksigenik

Kapang diisolasi dengan Metode Penanaman Langsung (*Direct Planting Method*) pada media Dichloran 18% Glycerol Agar (DG 18). Sebelum ditanam permukaan biji didesinfektan (direndam dalam larutan chlorin selama ± 2 menit). Setiap sampel diambil bijinya dan ditanam pada cawan petri. Diinkubasi pada suhu $25 \pm 1^\circ\text{C}$ selama 5 hari. Kapang yang tumbuh diidentifikasi menggunakan Samson *et al.* (1996) sebagai referensi utama (Samson *et al.*, 1996 ; Nakajima *et al.*, 1997).

3.5.1.1 Metode Penanaman Langsung

Metode penanaman langsung dianjurkan sebagai salah satu teknik yang efektif dalam pengujian mikrobiologis dari bahan makanan seperti biji-bijian dan sejenis buah yang berkulit keras.

Permukaan bahan dibersihkan sebelum dilakukan penanaman, untuk membatasi kontaminasi pada bahan makanan. Prosedur penanaman langsung adalah :

- a. Pembersihan permukaan

Bahan (biji) dibersihkan permukaannya dengan penggojokan dalam larutan chlorin. Paling sedikit sebanyak 50 buah biji kopi harus disterilkan.

b. Pembilasan

Setelah penggojokan dengan chlorin, selanjutnya dilakukan pembilasan dengan air distilasi (aquades) yang telah disterilkan

c. Penanaman

Penanaman dilakukan dengan memindahkan partikel bahan menggunakan konsep sterilisasi dengan peletakan bahan secepat mungkin pada plate dan sesegera mungkin menutup plate dengan pasangannya. Jumlah bahan (biji) berkisar antara 5-10 partikel untuk tiap plate.

d. Inkubasi

Inkubasi baku dilakukan pada suhu 25°C selama 5 hari.

e. Hasil

Penanaman biji kopi ini dilakukan pada 5 plate dan masing-masing plate ditanam 10 buah biji kopi. Perhitungan serangan kapang pada biji kopi dilakukan untuk tiap-tiap jenis kapang yang tumbuh pada permukaan biji kopi. Untuk satu jenis kapang berpeluang menyerang biji kopi dalam kisaran nilai 1-10 sesuai dengan jumlah biji yang ditumbuhi oleh jenis kapang tersebut. Kemudian hasil perhitungan untuk satu jenis kapang tertentu dalam 5 plate dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah biji kopi keseluruhan yang ditanam yaitu 50 kemudian dikalikan dengan 100 % (Samson *et al.*, 1996 ; Nakajima *et al.*, 1997).

3.5.1.2 Metode Pengujian Langsung (*Direct Examination Method*)

Kerusakan pada bahan makanan yang disebabkan oleh kapang dapat diamati pengaruh aktivitas kapang secara visual atau dapat dilakukan dengan mikroskop biasa atau mikroskop elektron. Pengamatan dilakukan secara langsung setelah terjadinya pertumbuhan. Untuk pengujian bahan makanan dianjurkan melakukan isolasi kapang pada medium yang tepat, baru kemudian diamati menggunakan mikroskop. Sebagian kecil dari medium isolasi yang ditumbuhi kapang diletakkan pada preparat mikroskop dan selanjutnya diamati dengan mengatur perbesaran lensa mikroskop (Samson *et al* , 1996).

3.5.2 Pengukuran a_w (R_H bahan)

Menimbang kopi sebanyak 500 gram dan memasukkannya ke dalam desikator. Selanjutnya higrometer juga diletakkan dalam desikator. Setelah 15 menit nilai yang ditunjuk oleh jarum higrometer dapat dilihat. Nilai tersebut merupakan nilai R_H bahan yang dijadikan sebagai data a_w dengan membagi R_H bahan dengan 100. Sebagai dasar yaitu hubungan antara R_H bahan dengan a_w dimana pada keadaan keseimbangan, a_w akan seimbang dengan R_H bahan atau a_w sama dengan $R_H / 100$ (Winarno, *et al.*, 1980).

3.5.3 Suhu dan R_H Gudang

Suhu dan kelembaban relatif udara gudang dimonitor secara kontinyu setiap 10 menit oleh beberapa sensor yang dihubungkan dengan data akuisi dan komputer. Dari data suhu yang diperoleh, maka dapat ditemukan nilai R_H gudang dan lingkungan dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

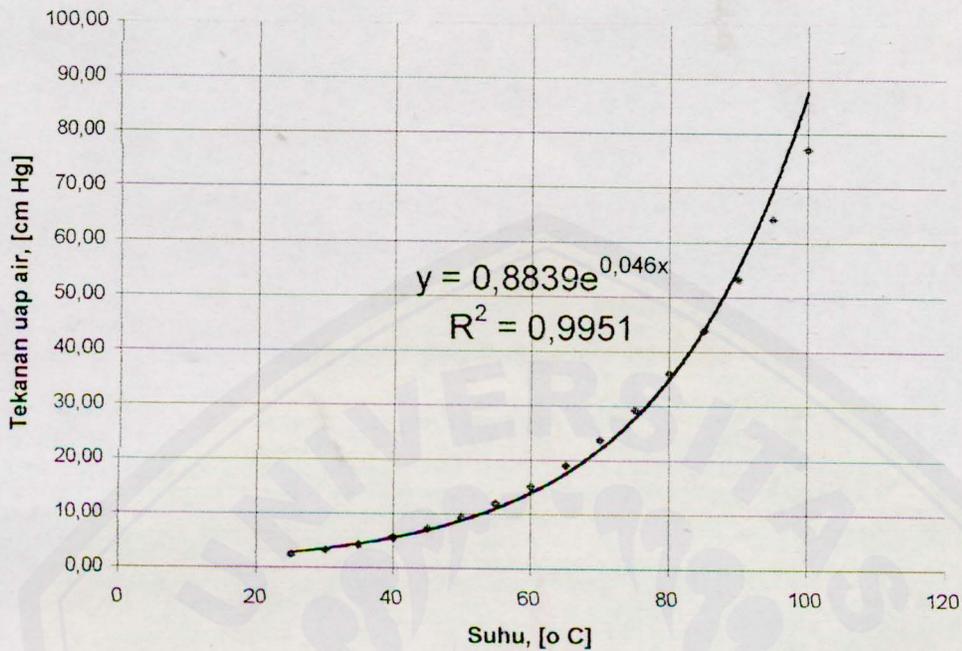
1. $P1 = 0,8839 * EXP (0,046 * Tamb-w)$

Keterangan :

P1 : Tekanan uap air pada suhu bola basah.

Tamb-w : Temperatur lingkungan pada suhu bola basah.

Persamaan $0,8839 * \text{EXP} (0,046 x)$ diperoleh dari **Gambar 4**.



Gambar 5. Hubungan antara Suhu Gudang dengan Tekanan Uap Air

2. $P = P_1 - 0,0008 * 76 * (T_{amb} - T_{amb-w})$

Keterangan :

P : Tekanan parsial uap air.

76 : Sikap barometer (1 atmosfer = 76 cmHg).

T_{amb} : Temperatur lingkungan pada suhu bola kering.

0,0008 : Konstanta.

3. $P_k = 0,8839 * \text{EXP} (0,046 * T_{amb})$

Keterangan :

P_k : Tekanan uap air jenuh pada suhu kamar (bola kering).

4. $KR = (P / P_k) * 100\%$

Keterangan :

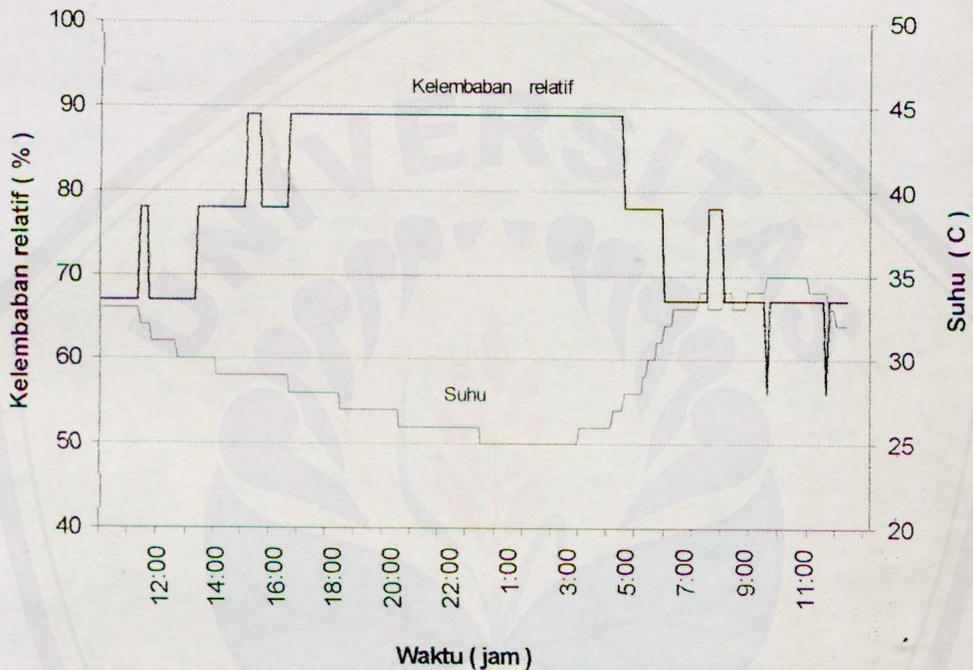
KR : Kelembaban Relatif .

(Handani dan Mistu, 1993).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gudang Penyimpanan

Hasil pengukuran suhu dan kelembaban udara gudang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Suhu dan Kelembaban Relatif Udara Gudang Penyimpanan

Gambar 5 menunjukkan grafik contoh hasil pengukuran suhu dan kelembaban relatif udara gudang selama 24 jam waktu penyimpanan, yaitu jam 11:00 sampai 11:00 pada hari berikutnya. Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa terjadi fluktuasi suhu dan kelembaban relatif udara gudang selama penyimpanan. Suhu terendah dalam gudang selama penyimpanan sebesar 25°C dengan kelembaban relatif sebesar 89,01%. Sedangkan suhu tertinggi sebesar 35°C dengan kelembaban relatifnya sebesar 56,04%. Besarnya suhu udara dalam gudang berbanding terbalik dengan kelembaban relatif udara gudang, dimana

pada saat suhu udara dalam gudang cenderung untuk meningkat maka kelembaban relatifnya cenderung turun. Menurut Hall (1970), kadar relatif dari uap air di atmosfer menurun bila suhu udara meningkat. Data suhu dan R_H gudang yang digunakan selanjutnya dalam penelitian ini adalah hasil rata-rata suhu dan kelembaban relatif udara gudang pada tiap tiga minggu waktu penyimpanan yaitu penyimpanan 3 minggu, 6 minggu dan seterusnya sampai penyimpanan 15 minggu.

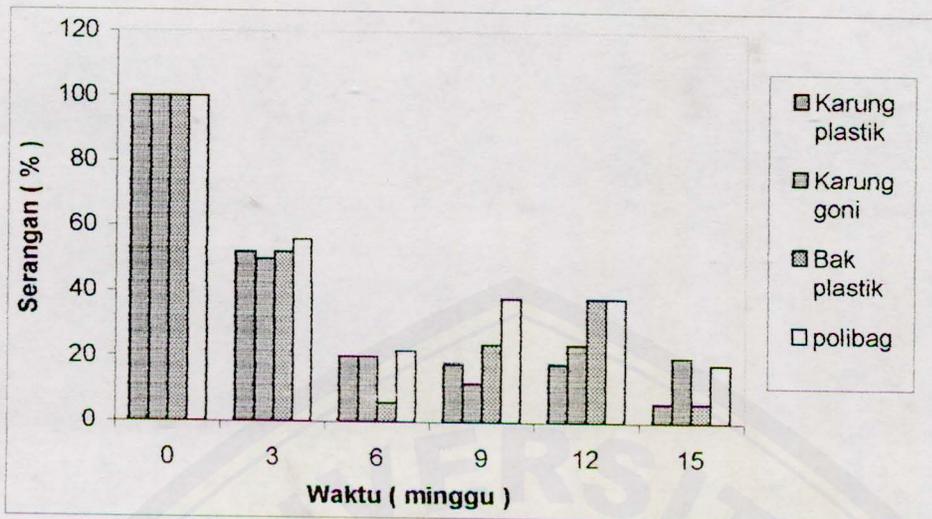
4.2 Penyimpanan Kopi Gelondong

Kopi gelondong adalah buah kopi kering yang masih terbungkus oleh kulit majemuk yang terdiri atas lapisan kulit luar (*exocarp*), lapisan daging buah (*mesocarp*) dan lapisan kulit tanduk (*endocarp*) (Najiyati dan Danarti, 1998).

Bentuk fisik biji kopi yang disimpan serta jenis pengemas yang dipakai untuk mengemas kopi gelondong selama penyimpanan sangat menentukan jumlah kapang yang tumbuh pada permukaan biji kopi.

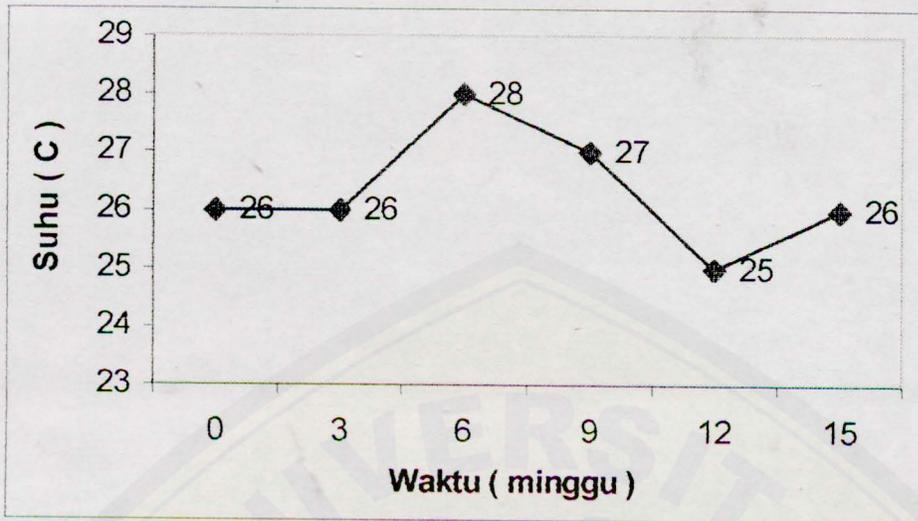
4.2.1 Fluktuasi Serangan *Aspergillus niger*

Hasil pengamatan persentase serangan *A. niger* terhadap kopi gelondong dalam berbagai jenis pengemas disajikan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Fluktuasi Serangan *A. niger* pada Kopi Gelondong dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan persentase serangan dari *A. niger* semakin menurun, akan tetapi pada penyimpanan minggu ke 9 sedikit mengalami kenaikan dilanjutkan dengan penyimpanan minggu ke 12 dan pada minggu ke 15 turun kembali. Hal ini diduga karena adanya pengaruh dari penurunan suhu udara dalam gudang pada minggu ke 9 dan 12 sehingga terjadi peningkatan kelembaban udara gudang, sehingga menyebabkan bahan mengalami reabsorpsi kandungan air bahan dari udara gudang. Perubahan suhu dalam gudang konvensional selama penyimpanan disajikan pada **Gambar 7**.

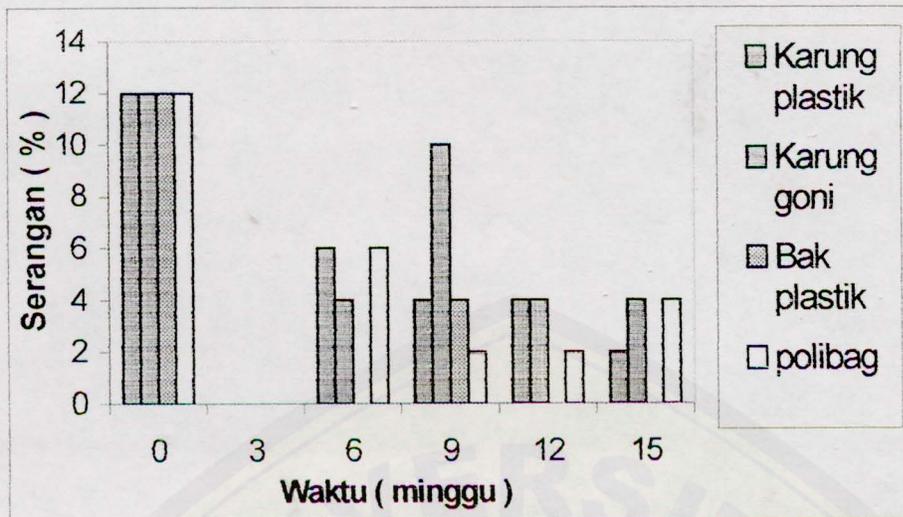


Gambar 7. Fluktuasi Suhu Udara Gudang Selama Penyimpanan.

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada minggu ke 9 suhu gudang mulai menurun dari 28°C pada minggu ke 6 menjadi 27°C pada minggu ke 9, begitu juga pada penyimpanan minggu ke 12 suhu gudang turun dari 27°C pada minggu ke 9 menjadi 25°C pada minggu ke 12. Menurut Murithii (1978), adanya perubahan suhu akan berpengaruh nyata pada konsistensi mutu biji kopi, karena biji kopi mudah menyerap atau melepaskan uap air dari atau ke udara sekitarnya.

4.2.2 Fluktuasi Serangan *Aspergillus flavus*

Hasil pengamatan persentase serangan kapang *A. flavus* terhadap kopi gelondong dalam berbagai jenis pengemas disajikan pada **Gambar 8**.

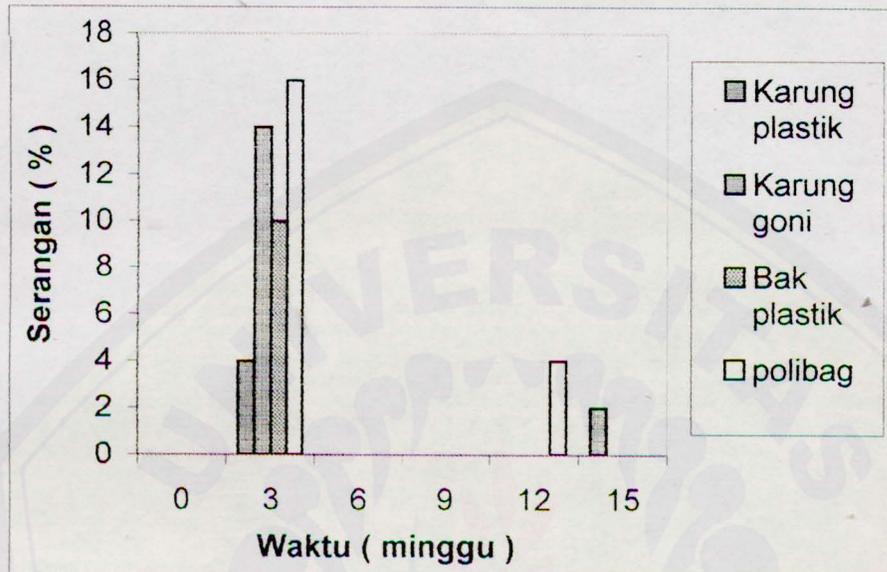


Gambar 8. Fluktuasi Serangan *A. flavus* pada Kopi Gelondong dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan persentase serangan *A. flavus* semakin menurun, kecuali pada penyimpanan minggu ke 3, *A. flavus* tidak tampak menyerang kopi gelondong pada semua jenis pengemas yang digunakan. Hal ini diduga karena terjadi persaingan antara *A. flavus* dengan *A. ochraceus* dalam perebutan nutrisi dari biji kopi yang dapat dilihat pada **Gambar 9**. **Gambar 9** menunjukkan terjadinya pertumbuhan yang tinggi dari *A. ochraceus* pada penyimpanan minggu ke 3. **Gambar 8** juga menunjukkan persentase serangan yang tinggi dari *A. flavus* yaitu sebesar 10% pada minggu ke 9 dalam pengemas karung goni. Hal ini diduga karena karung goni yang berasal dari bahan alami yaitu selulosa bersifat menyerap air, sehingga memberi peluang bagi *A. flavus* untuk melakukan pertumbuhan dalam jumlah yang besar. Deman (1989) menyatakan bahwa di dalam selulosa terdapat daerah amorf yang bersifat mudah menyerap air.

4.2.3 Fluktuasi Serangan *Aspergillus ochraceus*

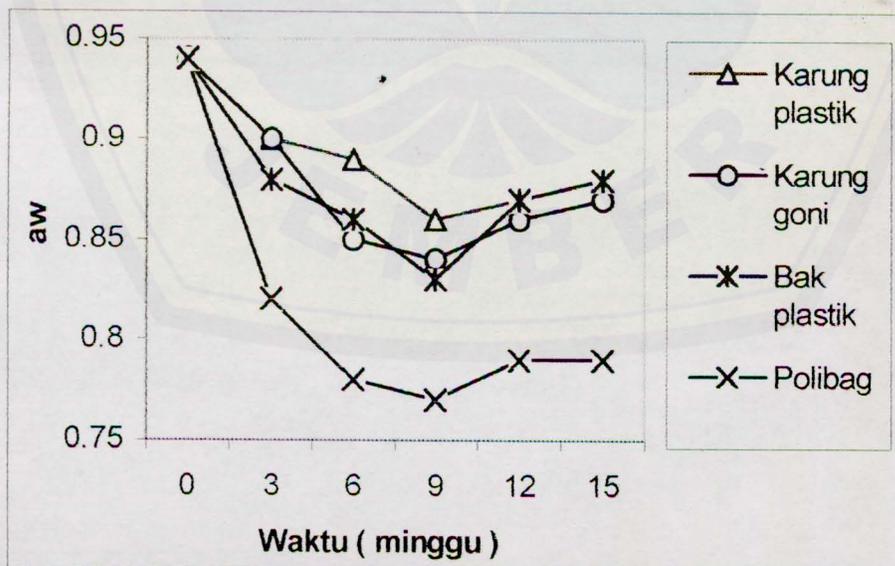
Hasil pengamatan persentase serangan *A. ochraceus* terhadap kopi gelondong dalam berbagai jenis pengemas disajikan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Fluktuasi Serangan *A. ochraceus* pada Kopi Gelondong dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan

Gambar 9 menunjukkan bahwa pertumbuhan yang nyata dari *A. ochraceus* terjadi pada penyimpanan minggu ke 3. Hal ini berkaitan dengan **Gambar 8** dimana *A. ochraceus* mengkonsumsi nutrisi pada kopi gelondong dalam jumlah besar, sehingga tidak memberi kesempatan bagi *A. flavus* untuk juga mengkonsumsi nutrisi pada kopi sehingga pada penyimpanan minggu ke 3 tersebut *A. flavus* tidak dapat tumbuh sama sekali. **Gambar 9** juga menunjukkan bahwa *A. ochraceus* juga tumbuh pada penyimpanan minggu ke 12 dan 15 akan tetapi pertumbuhannya terjadi dalam jumlah yang relatif kecil. Pada minggu ke 12, pertumbuhan *A. ochraceus* pada kopi gelondong dalam pengemas kantong polibag sebesar 4%, sedangkan pada minggu ke 15 persentase serangan

A. ochraceus pada pengemas karung plastik sebesar 2%. Pertumbuhan *A. ochraceus* pada minggu ke 12 dan 15 ini diduga karena adanya pengaruh dari kelembaban udara dalam gudang konvensional, dimana kelembaban udara gudang pada minggu ke 12 dan 15 masing-masing sebesar 89 dan 87%. Pada kelembaban yang tinggi ini menyebabkan terjadinya kondensasi dalam kedua jenis pengemas tersebut sehingga memacu terjadinya pertumbuhan *A. ochraceus* dalam pengemas polibag pada minggu ke 12 dan dalam pengemas karung plastik pada penyimpanan minggu ke 15. Terjadinya kondensasi dalam kedua pengemas tersebut didukung oleh terjadinya kenaikan *water activity* biji kopi. a_w kopi gelondong pada minggu ke 12 dalam pengemas polibag mengalami kenaikan dari 0.77 pada minggu ke 9 menjadi 0.79 pada minggu ke 12 dan a_w kopi gelondong pada minggu ke 15 dalam pengemas karung plastik juga mengalami kenaikan dari 0.87 pada minggu ke 12 menjadi 0.88 pada minggu ke 15 (**Gambar 10**). Menurut Murithii (1978), bila kelembaban udara terlalu tinggi maka biji akan mudah rusak, baik oleh faktor dari dalam maupun dari luar biji. Tetapi bila kelembaban udara terlalu rendah maka biji akan mengalami susut bobot akibat adanya penguapan airnya.



Gambar 10. Perubahan a_w Kopi Gelondong Selama Penyimpanan

Pada penyimpanan kopi gelondong ini juga ditemukan adanya pertumbuhan *P. citrinum* tetapi dalam jumlah yang sangat kecil yaitu sebesar 4%. Pertumbuhan ini hanya terjadi pada penyimpanan minggu ke 15 saja. Diduga sebagai akibat dari suhu gudang yang lebih rendah pada saat minggu ke 15, sehingga memberi peluang bagi *P. citrinum* untuk tumbuh. Pada minggu ke 15 suhu gudang sebesar 25°C. Ismayadi (1998), menyatakan bahwa kebanyakan *Penicillia* mempunyai suhu pertumbuhan optimal 25-30°C.

Pada penyimpanan kopi gelondong nampak terjadi pertumbuhan jenis jamur kapas putih dalam jumlah yang cukup besar, akan tetapi jenis kapang ini tidak bersifat toksigenik karena jamur kapas putih merupakan spora kapang yang belum matang sehingga miseliumnya masih berwarna putih.

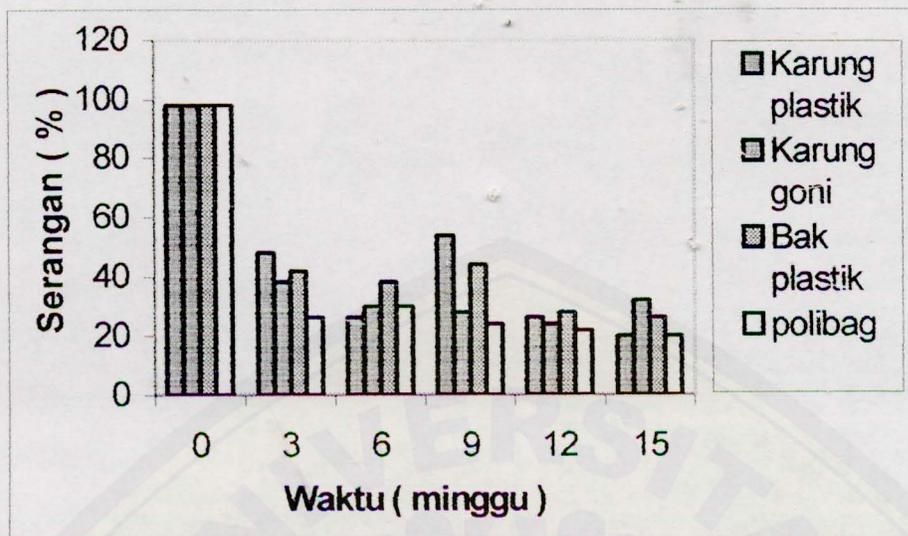
Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa jenis pengemas yang paling baik digunakan untuk penyimpanan kopi gelondong adalah karung plastik, sedangkan pengemas paling buruk untuk penyimpanan kopi gelondong adalah polibag. Pengemas karung plastik diduga mempunyai sifat penghantaran panas yang baik, sehingga panas tidak terakumulasi dalam pengemas karung plastik. Sedangkan pada polibag terjadi hal sebaliknya, dimana adanya densitas yang tinggi yaitu lebih dari 0.960 g/cm³ (Austin, 1985) menyebabkan terjadinya akumulasi panas dalam pengemas tersebut.

4.3 Penyimpanan Kopi Beras

Persentase serangan kapang terhadap kopi beras dalam gudang konvensional akan berbeda dengan persentase serangan kapang terhadap kopi gelondong yang disimpan dalam gudang yang sama. Perbedaan besarnya persentase serangan ini sangat ditentukan oleh bentuk biji kopi yang disimpan.

4.3.1 Fluktuasi Serangan *Aspergillus niger*

Hasil pengamatan persentase serangan kapang *A. niger* terhadap kopi beras di gudang konvensional disajikan pada **Gambar 11**.

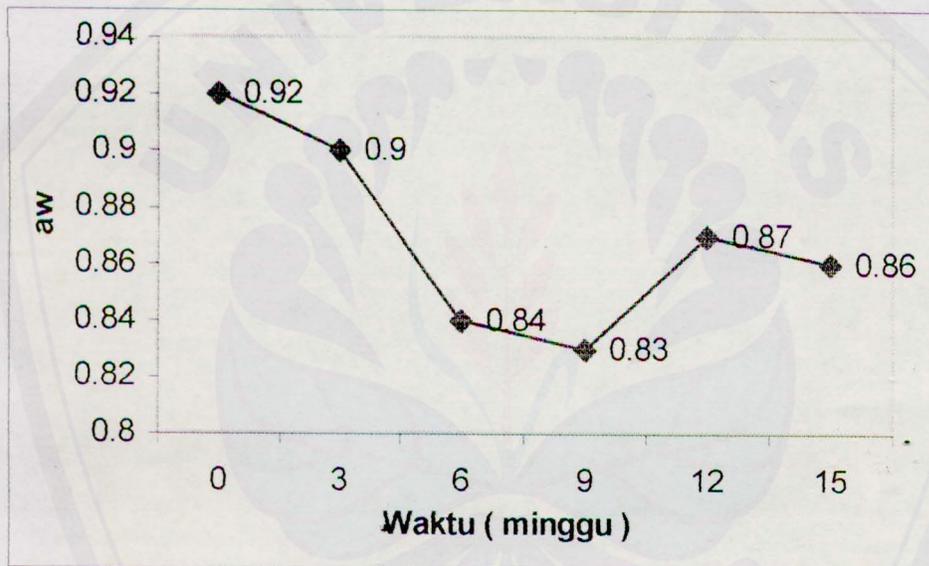


Gambar 11. Fluktuasi Serangan *A. niger* pada Kopi Beras dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan

Gambar 11 menunjukkan bahwa persentase serangan *A. niger* pada kopi beras selama penyimpanan semakin menurun. Penurunan tersebut terjadi secara seragam pada semua jenis pengemas, kecuali pada pengemas karung plastik dan bak plastik pada penyimpanan minggu ke 9. Persentase serangan *A. niger* pada kedua jenis pengemas tersebut menunjukkan nilai yang lebih tinggi masing-masing secara berurutan sebesar 54 dan 44%. Hal ini menunjukkan bahwa kedua jenis pengemas tersebut kurang baik digunakan untuk menyimpan kopi beras. Pengemas karung plastik diduga memiliki daya tembus terhadap gas O_2 yang besar sehingga memberi peluang bagi gas tersebut bersirkulasi menuju ke dalam pengemas dan menyebabkan jenis kapang *A. niger* ini semakin aktif. Menurut Buckle, *et al.*, (1987) besarnya daya tembus gas O_2 terhadap pengemas karung plastik dari bahan polipropilen ini sebesar $23,0 \text{ cm}^3 / \text{cm}^2 / \text{mm} / \text{det} / \text{cmHg} \times 10^{10}$. Sedangkan pada pengemas bak plastik yang mempunyai persentase serangan *A. niger* sebesar 44%, diduga karena jenis pengemas ini memiliki daya tembus yang tinggi terhadap uap air (H_2O). Menurut Buckle, *et al.*, (1987) daya tembus

H₂O terhadap pengemas bak plastik dari bahan polivinyl chlorid ini sebesar $1560 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm}/\text{det}/\text{cmHg} \times 10^{10}$.

Gambar 11 menunjukkan bahwa pesentase serangan *A. niger* dalam pengemas karung goni pada penyimpanan minggu ke 15 cukup tinggi dibandingkan dengan keempat jenis pengemas yang lainnya. Hal ini diduga berkaitan erat dengan peningkatan kandungan air bebas (*water activity*) dalam bahan. Perubahan a_w kopi beras dalam pengemas karung goni selama penyimpanan dapat dilihat pada **Gambar 12**.



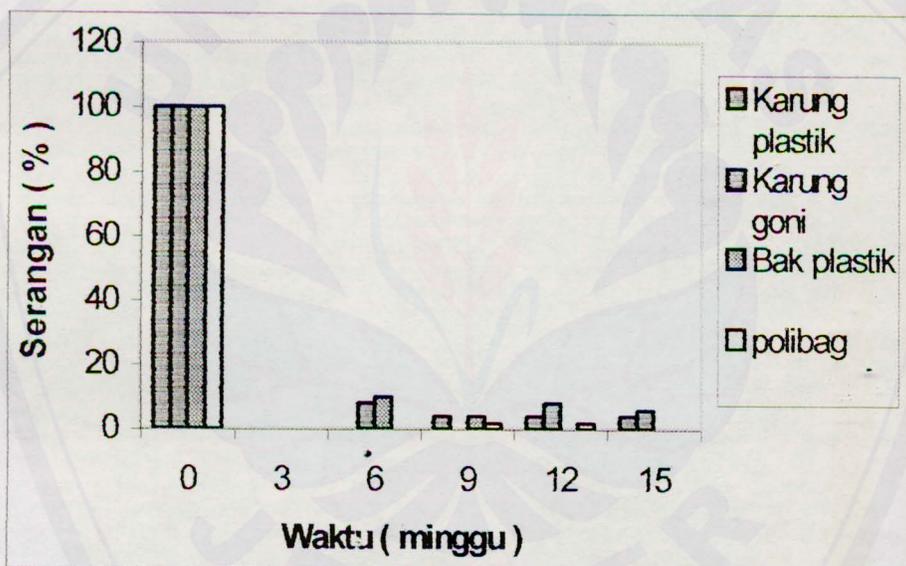
Gambar 12. Perubahan a_w Kopi Beras dalam Pengemas Karung Goni Selama Penyimpanan.

Gambar 12 menunjukkan bahwa pada minggu ke 15, a_w bahan lebih tinggi dibandingkan dengan a_w bahan pada penyimpanan minggu ke 6 dan 9 dalam pengemas karung goni. Besarnya a_w bahan pada minggu ke 15 adalah 0.86, sedangkan pada minggu ke 6 dan 9 masing-masing 0.84 dan 0.83. Menurut Atmawinata (1985), kerusakan yang bersifat mikrobiologis dibutuhkan air. Namun, karena hanya air bebas yang dapat membantu proses tersebut, maka

besarnya kadar air bahan bukan merupakan parameter mutlak sebagai ukuran untuk meramalkan terjadinya kerusakan bahan pangan. Kadar air bahan pangan selama penyimpanan akan ditentukan oleh aktivitas air, maka aktivitas air yang dinyatakan lebih berperan dalam menentukan mutu dan kemandapan bahan pangan selama penyimpanan.

4.3.2 Fluktuasi Serangan *Aspergillus flavus*

Hasil pengamatan persentase serangan *A. flavus* terhadap kopi beras pada berbagai jenis pengemas disajikan pada Gambar 13.



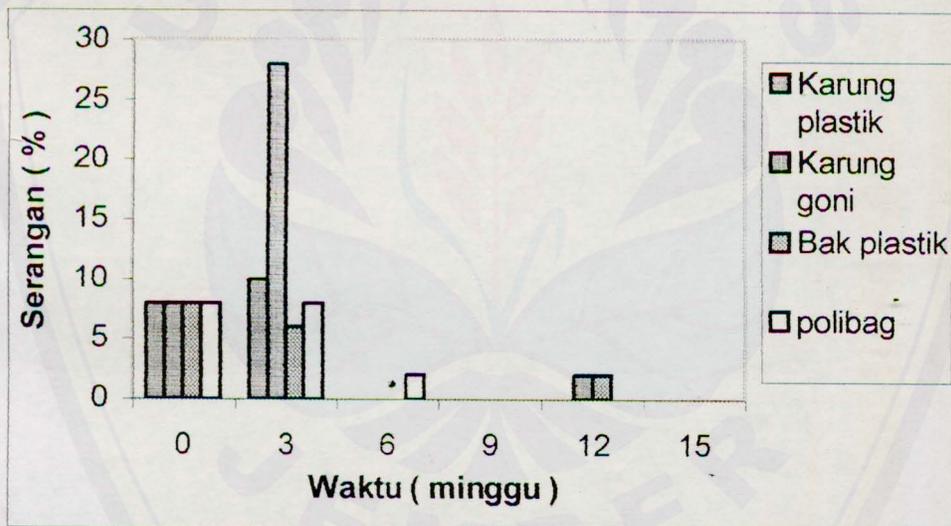
Gambar 13. Fluktuasi Serangan *A. flavus* pada Kopi Beras dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan

Gambar 13 menunjukkan bahwa persentase serangan *A. flavus* selama penyimpanan menurun tajam dari penyimpanan minggu ke 0 menuju penyimpanan minggu berikutnya, dan pada penyimpanan minggu ke 3, tidak terlihat adanya pertumbuhan jenis kapang ini pada kopi beras di semua jenis pengemas. Hal ini diduga adanya persaingan / kompetisi antara *A. flavus* dengan

A. ochraceus. Hal ini berhubungan dengan **Gambar 14**, dimana *A. flavus* kalah bersaing dengan *A. ochraceus* sehingga pada penyimpanan minggu ke 3 tersebut menjadi dorman. Menurut Soeryobroto (1981), pada buah kopi yang disimpan dapat diketahui adanya sifat saling menunjang antara mikroba untuk keperluan hidupnya sendiri, namun beberapa diantaranya tertekan dan bahkan mati oleh adanya jenis mikroorganisme yang lainnya.

4.3.3 Fluktuasi Serangan *Aspergillus ochraceus*

Hasil pengamatan persentase serangan *A. ochraceus* terhadap kopi beras pada berbagai jenis pengemas selama penyimpanan disajikan pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Fluktuasi Serangan *A. ochraceus* pada Kopi Beras dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan

Gambar 14 menunjukkan bahwa selama penyimpanan *A. ochraceus* hanya tumbuh pada minggu ke 0 dan 3, selanjutnya tumbuh dalam jumlah yang sangat kecil pada minggu ke 6 dalam pengemas polibag dan pada minggu ke 12 dalam pengemas karung goni dan bak plastik. Terjadinya pertumbuhan

A. ochraceus dalam pengemas polibag pada minggu ke 6, diduga terjadi karena peristiwa kondensasi dalam pengemas tersebut. Begitu juga dengan pertumbuhan *A. ochraceus* pada minggu ke 12 dalam pengemas karung goni dan bak plastik, dimana pada minggu ke 12 tersebut kelembaban udara gudang cukup tinggi sehingga memberi peluang terjadinya sporulasi dari jenis kapang *A. ochraceus* ini. Pada penyimpanan minggu ke 3, persentase serangan *A. ochraceus* semakin meningkat terutama untuk pengemas karung goni. Hal ini diduga karena karung goni bersifat menyerap air sehingga menyebabkan peningkatan kandungan uap air dalam pengemas yang akhirnya berpengaruh terhadap kenaikan persentase serangan dari *A. ochraceus*. Corte Dos Santos, *et al.*, (1971) dan Multon, *et al.*, (1974) melaporkan bahwa populasi kapang cepat tumbuh pada kelembaban nisbi 82,5% atau lebih, dan pada kelembaban nisbi 50-60% populasinya relatif tetap.

Pada penyimpanan kopi beras dalam pengemas karung goni tepatnya pada penyimpanan minggu ke 9 terjadi pertumbuhan *P. citrinum* dalam jumlah yang cukup besar sebesar 82%. Hal ini diduga juga sebagai akibat persaingan / kompetisi jenis kapang ini dengan *A. ochraceus*, dimana *P. citrinum* berhasil mendominasi terhadap kapang *A. ochraceus*. Jenis kapang lain yang tumbuh dalam jumlah yang relatif tinggi selama penyimpanan kopi beras yaitu jamur kapas putih. Jenis kapang ini tidak bersifat toksigenik dan merupakan spora yang belum matang sehingga miseliumnya berwarna putih.

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa kantong polibag merupakan jenis pengemas yang paling baik untuk penyimpanan kopi beras. Hal ini disebabkan polibag memiliki densitas yang tinggi, sedangkan kopi beras merupakan jenis kopi yang telah terlepas dari lapisan kulitnya sehingga membutuhkan jenis pengemas dengan daya pelindung yang baik untuk menjaga kemantapannya selama penyimpanan. Sedangkan jenis pengemas yang paling buruk untuk menyimpan kopi beras adalah karung goni, sebab pengemas ini bersifat menyerap air sehingga berpengaruh terhadap kenaikan kandungan air dari kopi beras.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Penggunaan berbagai jenis pengemas serta bentuk fisik biji kopi (gelondong atau beras) berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang pada kopi selama penyimpanan di gudang konvensional.
2. Jenis pengemas polibag paling baik untuk penyimpanan biji kopi dalam bentuk kopi beras, sedangkan jenis pengemas karung plastik paling baik untuk penyimpanan kopi dalam bentuk kopi gelondong.
3. Kombinasi perlakuan terbaik adalah penyimpanan biji kopi dalam bentuk kopi gelondong dalam pengemas karung plastik, karena pada biji kopi dalam bentuk kopi beras mempunyai luas permukaan lebih besar sehingga peluang terjadinya serangan kapang lebih besar.
4. Jenis kapang yang dominan tumbuh pada semua bentuk fisik kopi dengan berbagai jenis pengemas adalah *A. niger* mencapai 100% diikuti *A. flavus* sebesar 12% dan *A. ochraceus* sebesar 16% dimana kedua jenis kapang yang terakhir ini saling berkompetisi dalam pertumbuhannya.

5.2 Saran

Mengingat masih dijumpai beberapa pertumbuhan kapang yang bersifat toksik pada biji kopi selama disimpan di dalam gudang konvensional, maka perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh bentuk fisik biji kopi (gelondong dan beras) dengan penggunaan berbagai jenis pengemas terhadap serangan kapang pada kopi selama penyimpanan dalam gudang dengan atmosfer terkontrol menggunakan tenaga kolektor surya.

Penyimpanan kopi beras dengan menggunakan pengemas polibag, perlu mempertimbangkan cara pengambilan sampel dari kopi beras yang dikemas tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M., 1976, *Introduction to Soil Microbiology*, John Willey dan Son, New York.
- Anonim, 1992, *SNI 012907 Kopi*, Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- _____, 1996, *Statistik Perkebunan Indonesia 1995-1997 : Kopi*, Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta.
- _____, 1998, *Statistik Perkebunan Indonesia : Kopi*, Departemen Kehutanan dan Perkebunan Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta.
- Atmawinata, O., 1985, *Simulasi Kemantapan Thiamin dalam Model Makanan Selama Penyimpanan*, Thesis Doktor, Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- _____, 1995, *Kadar Air yang Aman Bagi Penyimpanan Biji Kopi Hasil Pengolahan Kering*, Pelita Perkebunan 10 (2).
- Austin G.T., 1985, *Shreve's Chemical Process Industries*, International Student Edition, Singapore.
- Buckle K.A, R.A. Edwards, G.H. Flee, 1987, *Ilmu Pangan*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ciptadi, W. dan M.Z. Nasution, 1981, *Pengetahuan tentang Cara-cara Penanganan, Pengemasan dan Penyimpanan Kopi*, Direktorat Standarisasi, Normalisasi dan Pengendalian Mutu, Departemen Perdagangan dan Koperasi, Bogor.
- _____, 1985, *Pengolahan Kopi*, Agro Industri Press, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Deman, J.M., 1989, *Kimia Makanan*, ITB-Press, Bandung.
- Djumarti, 1999, *Diktat Kuliah : Teknologi Pengolahan Kopi*, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jember.
- Elias, L.G., 1979, *Chemical Composition of Coffee Berry by Product*, In. J.E. Braham and R. Bressani (Eds). *Coffee Pulp, Composition, Technology and Utilization*, International Development Research Centre, Ottawa.

- Frazier, W.C. dan D.C. Westhoff, 1978, *Food Microbiology*, Tata MC Graw-Hill Publishing Co. Inc. , West-Post, Connecticut.
- Frisvad, J.C. dan U. Thrane, 1996, *Mycotoxin Production by Food-Borne Fungi In Introduction to Food Borne Fungi (R.A. Samson, E. A. Hoekstra dan O. Filtenborg, Eds)*, Centraalbureau voor Scimmelcultures. Baarn. P 251-260.
- Garay, L.G., E.R. Baustica, E.G. Moreno, 1987, *Microflora of The Stored Coffee and its Influence on Quality*, ASIC, 12^e Colleoque, Montreux.
- Hall, D.W., 1970, *Handling and Storage Food Grains in Tropical And Subtropical Areas*, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Handani,T. dan Mistu, 1993, *Petunjuk Praktikum Fisika Dasar*, Laboratorium Fisika Dasar UNEJ, Jember.
- Hanlon, J.F., 1978, *Handbook of Package Engineering*, New York: MC. Graw Hill Book, Co.
- Ismayadi, C., 1986, *Perubahan Sifat Fisik, Biokimia, Biologis dan Organoleptik pada Biji Kopi Selama Penyimpanan*, Pelita Perkebunan, 1 (4) : 102-108.
- _____, 1998, *Pencegahan Cacat Cita Rasa dan Kontaminasi Jamur Mikotoksigenik pada Biji Kopi*, Pusat Penelitian Kopi Kakao, Jember.
- Kartasapoetra, A.G., 1991, *Hama Hasil Tanaman dalam Gudang*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Majumder S.K., C.D. Natarajan, K.S. Srinivasan, A. Balacandran dan D.S. Bhatia, 1961, *Studies on The Storage of Coffee Beans. J Physical, Chemical and Biologycal Changes in Coffee Beans During Storage Under High Humud Conditions*. Food Sci, October, 315-321.
- Murithii, G.K., 1978, *A Comparative Study of Temperatures and Relative Humidies in The Coffee Storage Units for Parchmentand Clean Coffee i.e.: Unmodified-modified Stores at Dandora and Katawa Hourse, Kenya Cofee*, 43 (507/508) : 193-200.
- Najiyati, S. dan Danarti, 1990, *Kopi, Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*, Penyebar Swadaya IKAPI, cet. 2, Jakarta.
- _____, 1998, *Kopi, Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*, Penebar Swadaya, Jakarta.

- Nakajima, M., H. Tsubouchi, M. Miyabe dan Y. Ueno, 1997, *Survey of Aflatoxin B₁ and Ochratoxin A in Commercial Green Coffee Beans by High-Performance Liquid Chromatography Linked with Immunoaffinity Chromatography*, Food and Agriculture Immunology., 9, 77-83.
- Ono, H. Kataoka, K.M.K Tanaka, S. Kawasugi, M. Wakazawa, Y. Ueno dan M. Manake, 1995, *Ochratoxin A. Producibility by Strains of Aspergillus Nniger Group*, Stored IFO Culture Collection, Mycotoxin 41, 47-51.
- Samson, R.A. dan J.L. Frisvad, 1991, *Current Taxonomic Concepts in Penicillium and Aspergillus. In Cereal Grains. Mycotoxin, Fungi and Quality in Drying and Storage.* ed. J. Chelkowski, Amsterdam : Elsevier, pp. 405-439.
- Samson, R.A., E.S. Hoekstra, J.L. Frisvad and O. Filtenborg, 1996, *Introduction to Food-Borne Fungi (5th ed)*, Centraalbureau Voor Schimmelcultures, Baarn. The Netherland.
- Schlegel, 1994, *Mikrobiologi Umum*, Gadjah Mada University-Press, Yagyakarta.
- Sinha, R.N., 1973, *Interelation of Physical, Chemical and Biologycal Variables in The Deterioration of Stored Grains in Sinha, R.N and Muir, W.E (Eds)*, *Grains Storage : Part of a System.* The Avi Publ. Co. Inc. West post, Conn. P 15-47.
- Siswoputranto, 1981, *Pengaruh Kadar Air terhadap Mutu Kopi*, Kopi Indonesia, 2: 23-29.
- _____, 1987, *Kopi yang Lezat dan Menyegarkan*, Kopi Indonesia, 19 : 22-26.
- Sivetz, M. dan H.E. Foote, , 1973, *Coffee Processing Technology Vol 1*, The Avi. Publ. Co. Inc. West Post. Conn.
- Soeryobroto, H.Y. dan B. Hardjosuwito, 1981, *Beberapa Hasil Pengamatan Mikroorganisma yang Tumbuh pada Buah Kopi Lepas Panen*, Balai Penelitian Perkebunan, Bogor.
- Spillane, J.J., 1990, *Komoditi Kopi, Peranannya dalam Perekonomian Indonesia*, Kanisius, Yogyakarta.
- Sri-Mulato, E.J. Amin, M. Silaban, T. Pass and W. Muhlbauer, 1990, *Pemanfaatan Energi Matahari untuk Pengeringan Buah Kelapa dan Biji Kakao*, Seminar Nasional Pengeringan Komoditas Pertanian, Jakarta.

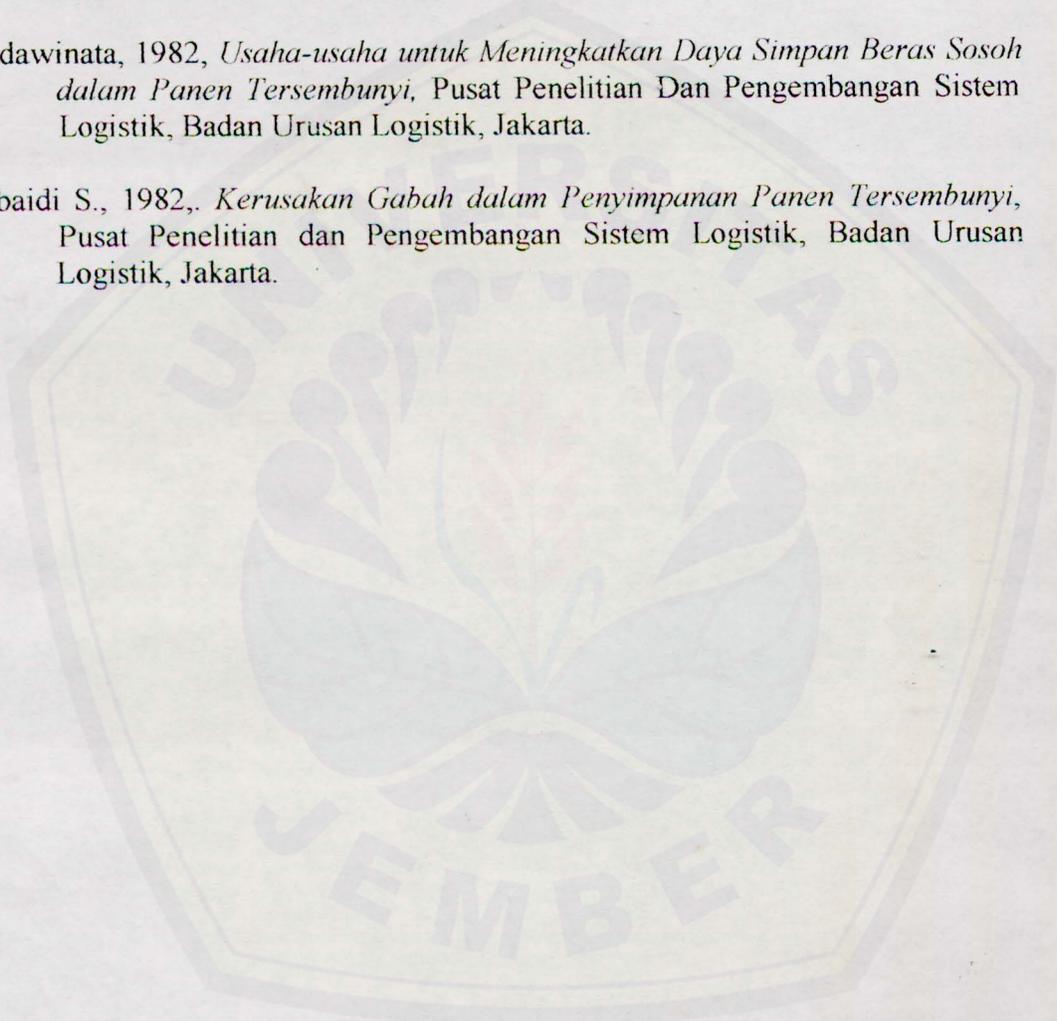
Sri-Mulato dan Yusianto, 1999, *Materi Pelatihan Uji Cita Rasa Kopi Jember*, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember.

Winarno, F.G., S. Fardiaz, D. Fardiaz, 1980, *Pengantar Teknologi Pangan*, Gramedia, Jakarta.

Winarno, F.G. dan B.S.L. Jennie, 1983, *Kerusakan Bahan Pangan dan Cara Pencegahannya*, Gramedia Indonesia, Jakarta.

Yudawinata, 1982, *Usaha-usaha untuk Meningkatkan Daya Simpan Beras Sosoh dalam Panen Tersembunyi*, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Sistem Logistik, Badan Urusan Logistik, Jakarta.

Zubaidi S., 1982, *Kerusakan Gabah dalam Penyimpanan Panen Tersembunyi*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sistem Logistik, Badan Urusan Logistik, Jakarta.



Lampiran 1

4.1 Penyimpanan Kopi Gelondong

4.1.1 Persentase Serangan *Aspergillus Niger*

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	100	52	20	18	18	6
Karung goni	100	50	20	12	24	20
Bak plastik	100	52	6	24	38	6
Kantong polibag	100	56	22	38	38	18

4.1.2 Persentase Serangan *Aspergillus flavus*

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	12	0	6	4	4	2
Karung goni	12	0	4	10	4	4
Bak plastik	12	0	0	4	0	0
Kantong polibag	12	0	6	2	2	4

4.1.3 Persentase Serangan *Aspergillus ochraceus*

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	0	4	0	0	0	2
Karung goni	0	14	0	0	0	0
Bak plastik	0	10	0	0	0	0
Kantong polibag	0	16	0	0	4	0

4.1.4 Persentase Serangan *Penicillium citrinum*

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	0	0	0	0	0	4
Karung goni	0	0	0	0	0	0
Bak plastik	0	0	0	0	0	2
Kantong polibag	0	0	0	0	0	2

4.1.5 Persentase Serangan Jamur kapas putih

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	6	10	8	18	10	6
Karung goni	6	12	12	2	10	8
Bak plastik	6	6	8	12	16	16
Kantong polibag	6	18	14	6	10	6

Lampiran 2

4.2 Penyimpanan Kopi Beras

4.2.1 Persentase Serangan *Aspergillus Niger*

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	98	48	26	54	26	20
Karung goni	98	38	30	28	24	32
Bak plastik	98	42	38	44	28	26
Kantong polibag	98	26	30	24	22	20

4.2.2 Persentase Serangan *Aspergillus flavus*

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	100	0	0	4	4	4
Karung goni	100	0	8	0	8	6
Bak plastik	100	0	10	4	0	0
Kantong polibag	100	0	0	2	2	0

4.2.3 Persentase Serangan *Aspergillus ochraceus*

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	8	10	0	0	0	0
Karung goni	8	28	0	0	2	0
Bak plastik	8	6	0	0	2	0
Kantong polibag	8	8	2	0	0	0

4.2.4 Persentase Serangan *Penicillium citrinum*

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	0	0	0	0	0	0
Karung goni	0	0	4	82	4	0
Bak plastik	0	0	0	0	0	2
Kantong polibag	0	0	0	0	0	0

4.2.5 Persentase Serangan Jamur kapas putih

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	4	12	28	22	4	18
Karung goni	4	6	38	6	0	32
Bak plastik	4	10	10	18	14	36
Kantong polibag	4	10	18	18	4	24

Lampiran 3

4.3 Perubahan *Water Activity* Kopi Gelondong Selama Penyimpanan

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	0.94	0.9	0.89	0.86	0.87	0.88
Karung goni	0.94	0.9	0.85	0.84	0.86	0.87
Bak plastik	0.94	0.88	0.86	0.83	0.87	0.88
Kantong polibag	0.94	0.82	0.78	0.77	0.79	0.79

4.4 Perubahan *Water Activity* Kopi beras Selama Penyimpanan

Jenis Pengemas	Penyimpanan (minggu ke-)					
	0	3	6	9	12	15
Karung plastik	0.92	0.88	0.87	0.84	0.86	0.86
Karung goni	0.92	0.9	0.84	0.83	0.87	0.86
Bak plastik	0.92	0.88	0.83	0.82	0.86	0.86
Kantong polibag	0.92	0.82	0.78	0.77	0.79	0.78

Lampiran 4. Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan pada Minggu ke 0 dan 3.

4.1 Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan Pada Minggu Ke 0 Gudang konvensional Lingkungan

Tk ping	Tb ping	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
25,71	24,37	88,21	24,80	23,71	92,92
Tk med	Tb med	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
25,31	24,13	90,06	24,98	23,50	90,74
Tk teng	Tb teng	rh			
25,71	24,57	90,57			
Rata-rata			Rata-rata		
Tk	Tb	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
25,58	24,36	88,6	24,89	23,61	91,85

4.2 Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan Pada Minggu Ke 3 Gudang konvensional Lingkungan

Tk ping	Tb ping	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
25,71	23,37	87,21	24,88	23,70	92,96
Tk med	Tb med	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
25,31	23,13	88,06	24,90	23,51	90,74
Tk teng	Tb teng	rh			
25,71	23,57	88,57			
Rata-rata			Rata-rata		
Tk	Tb	rh	Tk	Tb	rh
25,58	23,36	87,60	24,89	24,60	91,85

Lampiran 5. Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan pada Minggu ke 6 dan 9.

4.3 Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan Pada Minggu Ke 6 Gudang konvensional Lingkungan

Tk ping	Tb ping	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
27,72	25,68	86,08	26,86	25,44	87,32
Tk med	Tb med	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
27,30	25,44	88,57	26,19	24,72	86,82
Tk teng	Tb teng	rh			
27,70	25,58	85,71			
Rata-rata			Rata-rata		
Tk	Tb	rh	Tk	Tb	rh
27,57	25,57	86,95	26,53	25,08	87,08

4.4 Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan Pada Minggu Ke 9 Gudang konvensional Lingkungan

Tk ping	Tb ping	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
26,72	24,68	89,58	25,86	24,44	88,32
Tk med	Tb med	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
26,30	24,44	91,57	25,19	23,72	87,80
Tk teng	Tb teng	rh			
26,70	24,58	88,71			
Rata-rata			Rata-rata		
Tk	Tb	rh	Tk	Tb	rh
26,57	24,57	89,95	25,53	24,08	88,08

Lampiran 6. Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan pada Minggu ke 12 dan 15.

4.5 Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan Pada Minggu Ke 12 Gudang konvensional Lingkungan

Tk ping	Tb ping	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
24,72	22,68	86,58	23,91	22,81	95,97
Tk med	Tb med	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
24,30	22,44	88,57	23,74	22,63	95,80
Tk teng	Tb teng	rh			
24,70	22,58	87,71			
Rata-rata			Rata-rata		
Tk	Tb	rh	Tk	Tb	rh
24,57	22,57	86,95	23,82	22,72	95,88

4.6 Suhu dan RH Gudang dan Lingkungan Pada Minggu Ke 15 Gudang konvensional Lingkungan

Tk ping	Tb ping	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
25,72	23,68	81,58	24,86	23,44	93,33
Tk med	Tb med	rh	Tk lingk	Tb lingk	rh
25,30	23,44	83,57	24,19	22,72	92,82
Tk teng	Tb teng	rh			
25,70	23,58	80,71			
Rata-rata			Rata-rata		
Tk	Tb	rh	Tk	Tb	rh
25,57	23,57	81,95	24,53	23,08	93,08

Lampiran 7

7.1 Jumlah Kapang Yang Tumbuh Pada Minggu Ke 0

Jenis Pengemas	Jenis kapang	Kopi Gelondong						Kopi Beras					
		Ulangan					%	Ulangan					%
		a	b	c	d	e		a	b	c	d	e	
Semua jenis Pengemas	<i>A. flavus</i>	3	1	1	0	1	12	10	10	10	10	10	100
	<i>A. niger</i>	10	10	10	10	10	100	10	10	10	10	10	98
	<i>A. wentii</i>	1	3	0	1	1	12	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	8
	Jamur kapas putih	1	0	1	0	1	6	1	0	0	0	1	4

7.2 Jumlah Kapang Yang tumbuh Pada Minggu Ke 3

Jenis Pengemas	Jenis kapang	Kopi Gelondong						Kopi Beras					
		Ulangan					%	Ulangan					%
		a	b	c	d	e		a	b	c	d	e	
Karung plastik	<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	4	9	5	3	6	54	10	10	10	10	10	48
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	1	0	1	0	4	1	1	1	1	1	10
	Jamur kapas putih	0	2	0	3	0	10	5	0	0	1	0	12
Karung goni	<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	5	5	3	8	4	50	3	5	5	3	3	38
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	1	2	1	3	14	2	2	3	3	4	23
	Jamur kapas putih	0	0	1	3	2	12	0	1	0	1	1	6
Bak plastik	<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	4	5	7	6	4	52	2	5	5	3	6	42
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	1	0	0	3	8	0	1	1	1	0	6
	Jamur kapas putih	2	0	1	0	0	6	2	0	1	1	1	10
Kantung polibag	<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	5	5	7	3	8	56	5	1	1	3	3	26
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	3	2	2	1	16	2	0	1	0	1	8
	Jamur kapas putih	3	1	1	1	3	18	1	1	1	0	2	10

Lampiran 8

Jumlah Kapang Yang tumbuh Pada Minggu Ke 6

Jenis Pengemas	Jenis kapang	Kopi Gelondong						Kopi Beras					
		Ulangan					%	Ulangan					%
		a	b	c	d	e		a	b	c	d	e	
Karung plastik	<i>A. flavus</i>	0	1	0	0	2	6	0	0	1	0	1	4
	<i>A. niger</i>	3	1	1	3	2	20	8	5	5	4	5	54
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	2	1	0	0	1	8	1	4	1	3	2	22
Karung goni	<i>A. flavus</i>	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	2	4	2	2	0	20	4	1	3	5	1	28
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	1	0	2	1	2	12	2	1	0	0	0	6
Bak plastik	<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4
	<i>A. niger</i>	1	1	1	0	0	6	5	4	4	5	4	44
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	0	1	0	1	2	8	4	0	0	2	3	20
Kantung polibag	<i>A. flavus</i>	1	0	2	0	0	6	0	0	1	0	0	2
	<i>A. niger</i>	1	3	1	2	4	22	3	3	3	1	2	24
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	0	3	0	2	2	14	1	1	1	3	3	18

Lampiran 9

Jumlah Kapang Yang tumbuh Pada Minggu Ke 9

Jenis Pengemas	Jenis kapang	Kopi Gelondong						Kopi Beras					
		Ulangan					%	Ulangan					%
		a	b	c	d	e		a	b	c	d	e	
Karung plastik	<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	2	4	0	0	1	0	1	4
	<i>A. niger</i>	2	1	2	2	2	18	8	5	5	4	5	54
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	1	1	4	3	0	18	1	4	1	3	2	22
Karung goni	<i>A. flavus</i>	0	1	1	2	1	10	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	1	1	1	2	1	12	4	1	3	5	1	28
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	1	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	6
Bak plastik	<i>A. flavus</i>	1	0	0	1	0	4	0	2	0	0	0	4
	<i>A. niger</i>	3	3	3	3	0	24	5	4	4	5	4	44
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	0	2	2	0	2	12	4	0	0	2	3	18
Kantung polibag	<i>A. flavus</i>	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	2
	<i>A. niger</i>	4	4	3	5	3	38	3	3	3	1	2	24
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	0	1	0	0	2	6	1	1	1	3	3	18

Lampiran 10

Jumlah Kapang Yang tumbuh Pada Minggu Ke 12

Jenis Pengemas	Jenis kapang	Kopi Gelondong						Kopi Beras					
		Ulangan					%	Ulangan					%
		a	b	c	d	e		a	b	c	d	e	
Karung plastik	<i>A. flavus</i>	1	0	0	1	0	4	1	1	0	0	0	4
	<i>A. niger</i>	1	0	3	2	4	18	4	3	3	1	2	26
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	6
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	0	0	0	3	2	10	1	1	0	0	0	4
Karung goni	<i>A. flavus</i>	1	0	1	0	0	4	1	1	0	1	1	8
	<i>A. niger</i>	2	3	4	1	2	24	2	3	3	2	2	24
	<i>A. wentii</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	Jamur kapas putih	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bak plastik	<i>A. flavus</i>	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	5	4	2	3	5	38	2	3	2	4	3	28
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	6
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	Jamur kapas putih	2	3	0	2	1	16	0	0	3	4	0	14
Kantung polibag	<i>A. flavus</i>	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2
	<i>A. niger</i>	3	4	3	5	4	38	2	3	2	1	3	22
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
	<i>A. ochraceus</i>	0	1	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	0	2	2	0	1	10	0	0	2	0	0	4

Lampiran 11

Jumlah Kapang Yang tumbuh Pada Minggu Ke 15

Jenis Pengemas	Jenis kapang	Kopi Gelondong					%	Kopi Beras					%
		Ulangan						Ulangan					
		a	b	c	d	e		a	b	c	d	e	
Karung plastik	<i>A. flavus</i>	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	4
	<i>A. niger</i>	2	0	0	2	0	8	4	1	1	0	4	20
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
	<i>A. ochraceus</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	0	1	0	1	1	6	1	2	2	4	0	18
Karung goni	<i>A. flavus</i>	1	0	1	0	0	4	2	1	0	0	0	6
	<i>A. niger</i>	2	3	2	1	0	20	5	3	2	2	4	32
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	1	1	2	0	0	8	3	3	2	3	5	32
Bak plastik	<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	0	1	0	0	2	6	4	1	4	1	3	26
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	2	2	0	3	0	14	2	5	4	4	4	38
Kantung polibag	<i>A. flavus</i>	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0
	<i>A. niger</i>	2	0	1	2	4	18	1	1	2	3	3	20
	<i>A. wentii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jamur kapas putih	0	2	0	1	0	6	3	3	2	1	3	24

Lampiran 12
Perhitungan Suhu dan RH Gudang

Time	Tamb	Tamb-w	Tp	Tp-w	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp	Tp-w	Time	Tamb	Tamb-w
11:02:01	31	29	32.25	30	33	33	33	33	33	30	11:02:01	31	29
11:12:51	31	29	32.33333	30.33333	33	33	33	33	33	30.33333	11:12:51	31	29
11:21:54	31	29	32.25	30	33	33	33	33	33	30	11:21:54	31	29
11:31:54	31	29	32.33333	30.33333	33	33	33	33	33	30.33333	11:31:54	31	29
11:43:54	31	29	31.91667	29.66667	33	32	33	32.66667	33	29.66667	11:43:54	31	29
11:53:54	31	29	31.91667	29.66667	33	32	33	32.66667	33	29.66667	11:53:54	31	29
12:03:54	31	29	31.5	29	33	32	32	32.33333	32	29	12:03:54	31	29
12:13:54	31	28	31.16667	28.66667	33	31	32	32	32	28.66667	12:13:54	31	28
12:23:54	31	30	30.66667	28.66667	32	31	31	31.33333	31	28.66667	12:23:54	31	30
12:33:54	30	28	30.58333	28.33333	32	31	31	31.33333	31	28.33333	12:33:54	30	28
12:43:54	30	28	30.33333	28.33333	31	31	31	31	31	28.33333	12:43:54	30	28
12:53:54	30	28	30.33333	28.33333	31	31	31	31	31	28.33333	12:53:54	30	28
13:03:54	30	28	29.91667	27.66667	31	30	31	30.66667	31	27.66667	13:03:54	30	28
13:13:54	30	28	29.91667	27.66667	31	30	31	30.66667	31	27.66667	13:13:54	30	28
13:23:54	30	28	29.91667	27.66667	31	30	31	30.66667	31	27.66667	13:23:54	30	28
13:33:54	29	28	29.91667	27.66667	31	30	31	30.66667	31	27.66667	13:33:54	29	28
13:43:54	29	27	29.91667	27.66667	31	30	31	30.66667	31	27.66667	13:43:54	29	27
13:53:54	29	27	30	28	31	30	31	30.66667	31	28	13:53:54	29	27
14:03:54	29	27	30	28	31	30	31	30.66667	31	28	14:03:54	29	27
14:13:54	29	27	30	28	31	30	31	30.66667	31	28	14:13:54	29	27
14:23:54	29	27	29.75	28	31	30	30	30.66667	31	28	14:23:54	29	27
14:33:53	29	27	29.41667	27.66667	31	29	30	30.33333	30	27.66667	14:33:53	29	27
14:43:53	29	27	29.41667	27.66667	31	29	30	30	30	27.66667	14:43:53	29	27
14:53:53	29	27	29.41667	27.66667	31	29	30	30	30	27.66667	14:53:53	29	27
15:03:53	28	27	29.41667	27.66667	31	29	30	30	30	27.66667	15:03:53	28	27
15:13:53	28	27	29.41667	27.66667	31	29	30	30	30	27.66667	15:13:53	28	27
15:23:53	28	27	28.66667	27.66667	29	29	29	30	30	27.66667	15:23:53	28	27
15:33:53	28	27	28.75	28	29	29	29	29	29	28	15:33:53	28	27

Perhitungan Pk dan P1

Lanjutan

P1	P	Pk	Rh	Time	Rh	Suhu	PK	cm Hg	T	cm Hg
3.36	3.23	3.68	87.91	11:02:01	87.91	25	0.03169	2.41	25	2.41
3.36	3.23	3.68	87.91	11:12:51	87.91	30	0.04246	3.23	30	3.23
3.36	3.23	3.68	87.91	11:21:54	87.91	35	0.05628	4.28	35	4.28
3.36	3.23	3.68	87.91	11:31:54	87.91	40	0.07384	5.61	40	5.61
3.36	3.23	3.68	87.91	11:43:54	87.91	45	0.09593	7.29	45	7.29
3.36	3.23	3.68	87.91	11:53:54	87.91	50	0.1235	9.39	50	9.39
3.36	3.23	3.68	87.91	12:03:54	87.91	55	0.1576	11.98	55	11.98
3.20	3.02	3.68	82.15	12:13:54	82.15	60	0.1994	15.15	60	15.15
3.51	3.45	3.68	93.85	12:23:54	93.85	65	0.2503	19.02	65	19.02
3.20	3.08	3.51	87.75	12:33:54	87.75	70	0.3119	23.70	70	23.70
3.20	3.08	3.51	87.75	12:43:54	87.75	75	0.3858	29.32	75	29.32
3.20	3.08	3.51	87.75	12:53:54	87.75	80	0.4739	36.02	80	36.02
3.20	3.08	3.51	87.75	13:03:54	87.75	85	0.5783	43.95	85	43.95
3.20	3.08	3.51	87.75	13:13:54	87.75	90	0.7014	53.31	90	53.31
3.20	3.08	3.51	87.75	13:23:54	87.75	95	0.8455	64.26	95	64.26
3.20	3.14	3.36	93.69	13:33:54	93.69	100	1.014	77.06	100	77.06
3.06	2.94	3.36	87.59	13:43:54	87.59					
3.06	2.94	3.36	87.59	13:53:54	87.59					
3.06	2.94	3.36	87.59	14:03:54	87.59					
3.06	2.94	3.36	87.59	14:13:54	87.59					
3.06	2.94	3.36	87.59	14:23:54	87.59					
3.06	2.94	3.36	87.59	14:33:53	87.59					
3.06	2.94	3.36	87.59	14:43:53	87.59					
3.06	2.94	3.36	87.59	14:53:53	87.59					
3.06	3.00	3.20	93.61	15:03:53	93.61					
3.06	3.00	3.20	93.61	15:13:53	93.61					
3.06	3.00	3.20	93.61	15:23:53	93.61					
3.06	3.00	3.20	93.61	15:33:53	93.61					