

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

**KARYA ILMIAH TERTULIS  
(SKRIPSI)**



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

Oleh :

*Wiwit Puji Handayani*

NIM. 971710101086

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

Asal : ...  
Terima : 27 AUG 2001  
No. ...  
Klass  
633.739  
HAN  
d

S

e.

## ΜΟΤΤΟ

Βαρανγ σιαπα μενυντυτ ιλμυ καρενα υντυκ βερσαινγ δενγαν π  
αρα αλιμ αταυ καρενα ηενδακ μεμβανταη ορανγ-ορανγ βοδοη  
δαν καρενα μεναρικ περηατιαν μανυσια κεπαδα-ΝΨΑ μακα  
Αλλαη ακαν μεμασυκκαννψα κε νερακα (HP-Τιρμιδζι)

Σεβαγιαν δαρι βαικνψα κεισλαμαν σεσεορανγ ιαλαη μενινγγαλ  
καν σεσυατυ ψανγ τιδακ βεργυνα βαγινψα (HP-Τιρμιδζι)

Κεγαγαλαν βυκαν βεραρτι κεκαλαηαν  
Κεβερηασιλαν βυκαν βεραρτι κεμενανγαν  
Κεσομβονγαν ακαν μεγαλαηκαν δι  
ριμυ σενδιρι (Ανονιμ)

**Karya ini kupersembahkan kepada**

*Bapak dan mama* tercinta yang selalu mengiringi jalanku dengan untaian do'a dan kasih sayangnya.

Adik-adikku *Siti, Sholeh, Arif dan Febi* yang selalu memberiku semangat untuk terus maju dan keponakanku wulan yang menemani hari-hariku dengan keceriaannya

*Suamiku (Alif)* yang sabar dan penuh perhatian mendampingiku selama ini dan karena kasih sayangnya karya ini dapat terselesaikan

Sahabat-sahabat yang seiring dan sejalan hingga hari ini  
*Ronie, Ira, Frida, Wardha, Agus dan Desi*  
ALMAMATER yang kubanggakan

**DPU : Dr. Ir. SONY SUWASONO, M. App. Sc**

**DPA I : Ir. SUSIJAHADI, MS**

**DPA II : Dr. Ir. SRI MULATO, MS**

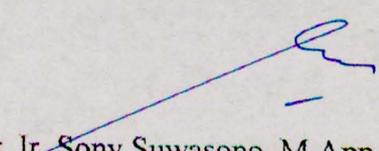
**Diterima Jurusan Teknologi Hasil Pertanian**  
**Fakultas Teknologi Pertanian**  
**Universitas Jember**

---

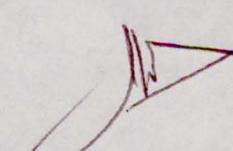
Dipertahankan pada

Hari : Jum'at  
Tanggal : 10 Agustus 2001  
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian

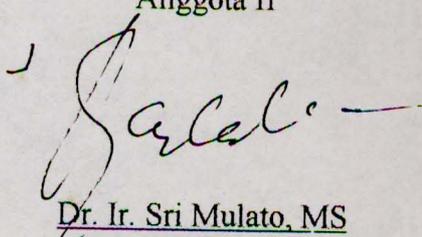
Tim Penguji  
Ketua

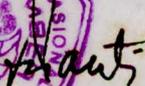
  
Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App. Sc  
NIP. 131 832 332

Anggota I

  
Ir. Susijahadi, MS  
NIP. 130 287 109

Anggota II

  
Dr. Ir. Sri Mulato, MS

Mengesahkan  
Dekan  
  
  
Dr. Hj. Siti Hartanti, MS  
NIP. 130 350 763

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia, rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga penulisan skripsi yang berjudul **“Dinamika Perubahan Kapang Toksigenik Pada Kopi Pengolahan Basah Dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama Penyimpanan “** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan akademik dalam rangka menyelesaikan program kesarjanaan (strata satu) pada Jurusan Teknologi Hasil pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Dalam proses penyelesaian penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan berbagai bantuan dan fasilitas dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Hj. Siti Hartanti, MS selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan pendidikan S1.
2. Bapak Ir. Susijahadi, MS selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian atas ijin penelitian yang diberikan.
3. Bapak Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App.Sc, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia memberikan bimbingan dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ir. Susijahadi, MS, selaku Dosen Pembimbing Anggota I yang telah membimbing dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Dr. Ir. Sri Mulato, MS, selaku Dosen Pembimbing Anggota II yang telah membimbing dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Segenap Karyawan Pasca Panen yang telah membantu dan membimbing penulis selama penelitian terutama Mas Edy, Mbak Yuli, Mbak Kartini, dan Pak muhdar.
7. Segenap teknisi laboratorium di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang memberikan pelayanan yang baik kepada penulis.
8. Teman-teman THP “ 97 yang berjuang bersama-sama di kampus tercinta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulian skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat kepada penulis khususnya dan masyarakat umumnya.

Jember, 2001

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN MOTTO .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN DOSEN PEMBIMBING.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
RINGKASAN.....	xiv

### I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Kegunaan Penelitian.....	2

### II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi .....	3
2.1.1 Asal usul Kopi .....	3
2.1.2 Botani Kopi.....	4
2.1.3 Komposisi Kimia Biji Kopi.....	5
2.2 Jenis-Jenis Kopi.....	5
2.3 Pengolahan Basah ( <i>Wet Basis</i> ) .....	6
2.4 Syarat Mutu Biji Kopi Pengolahan Basah.....	9
2.5 Penyimpanan Kopi .....	10
2.5.1 Pengemasan .....	10
2.5.2 Penggudangan .....	11

2.6 Gudang Konvensional .....	12
2.7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perubahan-Perubahan Biji.....	13
2.7.1 Faktor Fisiko kimia .....	13
2.7.1.1 Kelembaban Nisbi.....	13
2.7.1.2 Suhu.....	14
2.7.1.3 <i>Water activity</i> .....	15
2.7.2 Faktor Biologis .....	15
2.8 Jenis-Jenis Jamur Yang menyerang biji kopi .....	16
2.8.1 <i>Aspergillus niger</i> .....	16
2.8.2 <i>Aspergillus flavus</i> .....	16
2.8.3 <i>Aspergillus wentii</i> .....	16
2.8.4 <i>Penicillium citrinum</i> .....	17
2.8.5 <i>Aspergillus ochraceus</i> .....	
2.9 Hipotesis .....	18

### III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	19
3.1.1 Alat .....	19
3.1.1.1 Deskripsi Gudang Penyimpanan.....	19
3.1.1.2 Alat ukur .....	19
3.1.2 Bahan.....	20
3.1.2.1 Jenis-Jenis Pengemas .....	21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2.1 Tempat Penelitian .....	22
3.2.2 Waktu Penelitian .....	22
3.3 Metode Penelitian.....	22
3.3.1 Rancangan Percobaan.....	22
3.3.2 Pelaksanaan Kegiatan.....	23
3.4 Pengamatan .....	23
3.5 Prosedur Analisa .....	24
3.5.1 Identifikasi Kapang Toksigenik .....	24

3.5.1.1 Metode Penanaman Langsung .....	24
3.5.1.2 Metode Pengujian langsung .....	24
3.5.2 Pengukuran <i>water activity</i> ( $R_H$ bahan) .....	25
3.5.3 Pengukuran Suhu dan $R_H$ gudang .....	25
<b>IV. HASIL PEMBAHASAN</b>	
4.1 Kondisi Gudang Penyimpanan .....	27
4.2 Penyimpanan Kopi Beras Sumber Asin .....	29
4.2.1 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus niger</i> .....	29
4.2.2 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus flavus</i> .....	31
4.2.3 Fluktuasi Serangan <i>Penicillium citrinum</i> .....	32
4.3 Penyimpanan Kopi HS Sumber Asin .....	34
4.3.1 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus niger</i> .....	35
4.3.2 Fluktuasi Serangan <i>Aspergillus flavus</i> .....	36
4.3.3 Fluktuasi Serangan <i>Penicillium citrinum</i> .....	37
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>44</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Komposisi Kimia Biji Kopi.....	5
2. Syarat Mutu Biji Kopi Pengolahan Basah.....	9
3. Aktivitas air minimal pada berbagai jenis kapang .....	15
4. Mikotoksin yang dihasilkan berbagai jenis kapang.....	17

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Penampang membujur buah kopi ( <i>Coffea sp</i> ) .....	4
2. Tahapan proses pengolahan basah.....	6
3. Pergerakan dan kondensasi uap air akibat perbedaan suhu di dalam dan diluar gudang .....	14
4. Deskripsi gudang penyimpanan.....	19
5. Suhu dan kelembaban relatif gudang penyimpanan .....	26
6. Regresi hubungan antara tekanan uap air dan suhu.....	27
7. Hubungan jumlah <i>Aspergillus niger</i> dan lama penyimpanan pada berbagai jenis pengemas .....	29
8. Perubahan $a_w$ kopi beras dalam berbagai jenis pengemas selama penyimpanan	30
9. Hubungan jumlah <i>Aspergillus flavus</i> dan lama penyimpanan pada berbagai jenis pengemas .....	31
10. Hubungan jumlah <i>Penicillium citrinum</i> dan lama penyimpanan pada berbagai jenis pengemas .....	32
11. Perubahan kelembaban udara gudang selama penyimpanan .....	33
12. Hubungan jumlah <i>Aspergillus niger</i> dan lama penyimpanan pada berbagai jenis pengemas .....	35
13. Perubahan suhu gudang selama penyimpanan .....	35
14. Hubungan jumlah <i>Aspergillus flavus</i> dan lama penyimpanan pada berbagai pengemas .....	36
15. Hubungan jumlah <i>Penicillium citrinum</i> dan lama penyimpanan pada berbagai jenis pengemas .....	37
16. Perubahan $a_w$ dalam berbagai jenis pengemas selama penyimpanan .....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Persentase serangan kapang pada berbagai jenis pengemas pada kopi HS.....	44
2. Persentase serangan kapang pada berbagai jenis pengemas pada kopi beras .....	45
3. Aktivitas air ( $a_w$ ) pada biji kopi pengolahan basah .....	46
4. Suhu dan $R_H$ gudang pada penyimpanan minggu ke-0, 3, dan 6 .....	47
5. Suhu dan $R_H$ gudang pada penyimpanan minggu ke-9, 12, dan 15 .....	48

**WIWIT PUJI HANDAYANI** (971710101086) Jurusan Teknologi Hasil Pertanian " **Dinamika Perubahan Kapang Toksigenik Pada Biji Kopi Hasil Pengolahan Basah Dalam Berbagai Jenis Pengemas Selama penyimpanan** " Pembimbing **Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App. Sc , Ir. Susijahadi, MS,** dan **Dr. Ir. Sri Mulato, MS.**

## **RINGKASAN**

Biji kopi merupakan salah satu hasil pertanian higroskopis. Oleh karena itu mutunya sangat dipengaruhi oleh kondisi tempat penyimpanan. Cara penyimpanan yang kurang baik, dapat menyebabkan kerusakan mutu apalagi Indonesia negara tropis yang mempunyai kelembaban udara diatas 70% sehingga cara penyimpanan kopi yang baik sangat diperlukan.

Pengolahan buah kopi menjadi kopi biji bersifat terbuka, sehingga berpeluang untuk terkontaminasi kapang dan mikroorganisme yang lain. Buah kopi dengan kadar air yang tinggi dan mengandung nutrisi yang relatif baik untuk mendukung pertumbuhan kapang. Dengan demikian pencegahan pertumbuhan kapang pada tahap awal pengolahan sangat menentukan tingkat serangan dari kapang pada proses selanjutnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis pengemas dan jenis kopi terhadap pertumbuhan jamur pada kopi pengolahan basah. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan terhadap pertumbuhan jamur selama penyimpanan.

Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor dan dilakukan 5 kali ulangan. Faktor pertama adalah jenis kopi yaitu kopi HS dan kopi Beras dari kebun sumber Asin. Faktor kedua adalah jenis pengemas yaitu pengemas karung plastik, karung goni, bak plastik dan kantung polibag. Hasil penelitian dianalisa dengan metode deskriptif yang disajikan dalam bentuk grafik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis pengemas berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang dimana jenis pengemas yang baik adalah karung

plastik dan polibag. Jenis biji kopi berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang dimana persentase serangan kapang terkecil pada biji kopi HS. Kombinasi perlakuan juga memberi pengaruh terhadap pertumbuhan kapang, dimana persentase serangan kapang terkecil pada biji kopi HS yang dikemas pada polibag. Jenis pengemas yang baik untuk penyimpanan biji kopi beras adalah karung plastik. Jenis pengemas yang baik untuk penyimpanan biji kopi HS adalah kantong polibag.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bagi bangsa Indonesia, kopi merupakan salah satu mata dagangan yang mempunyai arti yang cukup tinggi dan salah satu komoditi perkebunan penting dalam perekonomian nasional. Pada tahun 1999 ekspor kopi Indonesia mencapai 325.000 ton dari produksi 436.000 ton biji kopi (Anonim, 2000). Sejak tahun 1986 komoditi kopi ini rata-rata menyumbang 3,4% terhadap keseluruhan nilai ekspor yang paling tinggi yakni 8,36% per tahun. Kemampuan produksi ini tidak dimbangi dengan pola konsumsi yang cukup di dalam negeri terhadap kopi (Retnandri dan Moeljarto, 1991).

Kopi Robusta sampai saat ini mempengaruhi tingkat produksi dari produksi kopi nasional. Kopi jenis ini banyak diusahakan oleh perkebunan-perkebunan besar dan swasta maupun oleh perkebunan-perkebunan rakyat. Sampai dengan dasawarsa terakhir ini penanaman kopi robusta meliputi kurang lebih 15.395 ha dari seluruh areal dan menyumbang kurang lebih 13.707 produksi nasional (Anonim, 1996).

Biji kopi merupakan salah satu hasil pertanian higroskopis. Oleh karena itu mutunya sangat dipengaruhi oleh kondisi tempat penyimpanan. Cara penyimpanan yang kurang baik, dapat menyebabkan merusakkan mutu, apalagi Indonesia negara tropis yang mempunyai kelembaban udara diatas 70% sehingga cara penyimpanan kopi yang baik sangat diperlukan (Siswoputranto, 1993). Dengan demikian diperlukan penanganan yang baik agar mutu kopi tetap dapat dipertahankan selama tidak digunakan, terutama dalam penyimpanan atau penggudangan.

Penyimpanan biji kopi merupakan usaha untuk mengamankan biji sebelum dijual atau diproses lebih lanjut. Pengolahan buah kopi menjadi kopi biji bersifat terbuka, sehingga berpeluang untuk terkontaminasi kapang dan mikroorganisme yang lain. Buah kopi dengan kadar air yang tinggi dan mengandung nutrisi yang relatif baik untuk mendukung pertumbuhan kapang. Dengan demikian pencegahan pertumbuhan kapang pada tahap awal pengolahan sangat menentukan tingkat serangan dari kapang pada proses selanjutnya (Cahya Ismayadi, 1998).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh jenis pengemas terhadap pertumbuhan kapang selama penyimpanan dengan meninjau faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhannya yaitu, kelembaban relatif (RH), suhu, dan  $a_w$  (aktivitas air). Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipakai sebagai acuan bagi pekebun untuk mengurangi kerusakan mutu kopi selama penyimpanan.

### **1.2 Batasan Permasalahan**

Kopi merupakan komoditas pertanian yang mudah rusak dalam jangka waktu yang relatif pendek. Kondisi penyimpanan berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang. Sejauh mana pengaruh jenis pengemas selama penyimpanan terhadap pertumbuhan kapang pada kopi pengolahan basah akan dikaji pada penelitian ini.

### **1.3 Tujuan penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh jenis pengemas terhadap pertumbuhan kapang biji kopi hasil pengolahan basah.
2. Untuk mengetahui pengaruh jenis kopi terhadap pertumbuhan kapang selama penyimpanan.
3. Untuk mengetahui kombinasi kedua perlakuan terhadap pertumbuhan kapang biji kopi hasil pengolahan basah.

### **1.4 Kegunaan penelitian**

1. Memberikan informasi mengenai jenis pengemas yang paling baik untuk mempertahankan mutu biji kopi.
2. Sebagai acuan bagi pekebun untuk mempertahankan mutu biji kopi selama penyimpanan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kopi

Kopi berasal dari bahasa arab “kanwa” diperoleh dari tanaman kopi *coffea* sp famili *Rubiaceae* dan memiliki aroma dan rasa yang khas yang tidak dimiliki oleh bahan minuman yang lain (Anonim, 1997).

#### 2.1.1 Asal usul kopi

Kopi bukanlah tanaman asli indonesia tapi berasal dari Afrika. Jenis kopi yang pertama ditanam di Indonesia adalah kopi arabika (*Coffea arabica*) tahun 1696 daerah penanamannya di daerah Jawa dan kemudian tersebar ke berbagai tempat di Indonesia. Perkembangan kopi arabika mengalami kemunduran sebagai akibat serangan penyakit karat daun dan pada tahun 1876 untuk mengatasinya waktu itu mengimpor jenis kopi liberika (*Coffea liberica*). Kopi jenis ini ternyata juga terserang oleh karat daun. Pada tahun 1906 pengusaha perkebunan kopi memasukkan ke Indonesia jenis kopi robusta (*Coffea canephora*) yang memiliki sifat tahan penyakit karat daun (Anonim, 1997).

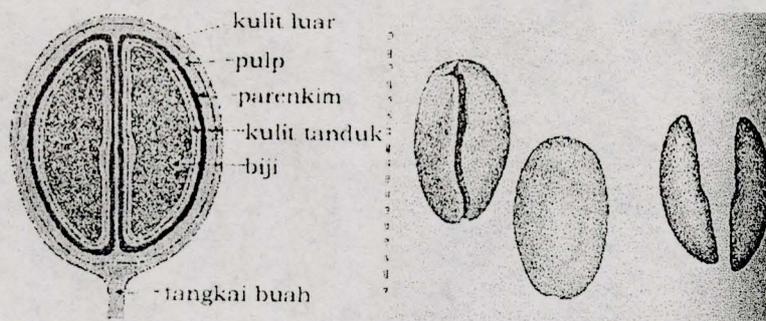
#### 2.1.2 Botani Kopi

Tanaman kopi yang bernilai komersial, sebagian besar termasuk familia *Rubiaceae* dan Genus *Coffea*. Terdapat tidak kurang dari 500 jenis dan 600 spesies dalam genus kopi ini tersebar diseluruh negara-negara di dunia termasuk Indonesia. Kopi yang dihasilkan sebagai tanaman komersial adalah *Coffea Arabika*, *Coffea Liberika*, dan *Coffea Canephora* (diantaranya varietas robusta). Jenis arabika dan robusta ini yang paling banyak diusahakan di Indonesia (Siswoputranto, 1993).

Tanaman kopi tumbuhnya tegak, bercabang dan bila dibiarkan tumbuh dapat mencapai tinggi 12 meter. Daunnya bulat telur dengan ujungnya agak meruncing. Daun tumbuh berhadapan pada batang, cabang, dan ranting-rantingnya (Najiyati dan Danarti, 1998). Buah kopi pada umumnya terdiri dari dua butir biji meskipun kadang-kadang hanya mengandung sebutir atau bahkan lebih

dari dua butir. Pada kemungkinan yang pertama biji-bijinya mempunyai bidang yang datar (perut biji) dan bidang yang cembung (punggung biji). Kemungkinan kedua, biji kopi berbentuk bulat panjang. Butiran kopi yang sudah siap diperdagangkan adalah berupa biji kopi kering yang sudah terlepas dari daging buah dan kulit arinya. Biji kopi yang demikian dikenal sebagai kopi beras atau kopi biji (Ciptadi, 1978).

Menurut Najiyati dan Danarti (1998) buah kopi terdiri dari tiga lapisan yaitu kulit luar (exocarp), lapisan daging (mesocarp) dan lapisan kulit tanduk (endocarp) yang tipis tapi luas. Penampang buah kopi terlihat **Gambar 1**.



**Gambar 1. Penampang Membujur Buah Kopi**

Kulit luar (exocarp) terdiri dari satu lapisan yang tipis. Buah yang masih muda berwarna hijau kemudian berangsur-angsur berubah menjadi hijau kekuningan, kuning dan akhirnya menjadi merah sampai merah kehitaman kalau buah itu sudah lewat matang. Mesocarp atau daging buah adalah bagian kopi yang berlendir dan mempunyai rasa agak manis apabila sudah masak dengan jumlah air yang banyak. Bagian endosperm adalah bagian yang disebut biji kopi atau kopi beras, yang dalam pengolahan selanjutnya akan mengalami proses penyangraian dan penggilingan menjadi kopi bubuk (Sivetz dan Foote, 1963).

### 2.1.3 Komposisi Kimia Biji Kopi

Senyawa nutrisi dalam kopi terdiri dari karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral, baik berupa gula sederhana, pentosan, pati, selulosa dan lignin sebagai penyusun dinding sel. Selain itu banyak senyawa dalam biji kopi

yang belum diketahui dan diidentifikasi secara langsung dapat menentukan mutu dari kopi. **Tabel 1** memperlihatkan komposisi kimia biji kopi.

**Tabel 1. Komposisi Kimia Biji Kopi**

Komposisi	Kelarutan dalam air	Prosentase (%)
1. Karbohidrat	-	60
- Gula pereduksi	Larut	1
Sukrosa	Larut	7
Pektin	Larut	2
Pati	Mudah larut	10
Pentosan	Mudah larut	5
Hemiselulosa	-	15
Holosekulosa	-	18
Lignin	-	2
2. Protein	tidak larut	13
3. Asam clorogenat	larut	7
4. Asam sitrat	larut	0,3
5. asam oksalat	larut	0,2
6. asam malat	larut	0,3
7. Kafein	larut	1

*Sumber* : Sivetz, 1963.

## 2.2 Jenis-Jenis Kopi

Dalam pengolahan kopi dikenal istilah yang dapat membantu pemahaman tentang tahapan proses yang akan dilakukan, seperti buah kopi, kopi gelondong, kopi beras, kopi biji berkulit tanduk dan kopi asalan (Anonim, 1999).

Buah kopi segar sering juga disebut kopi gelondong basah yang belum mendapat perlakuan mekanis (pemecahan atau pengupasan) atau perlakuan fisik (pengeringan). Biji kopi siap diperdagangkan adalah biji kopi kering, bebas dari kulit buah, kulit tanduk, kulit ari dan benda asing dengan kadar air antara 12-13%. Biji kopi demikian sering disebut sebagai kopi beras (Anonim, 1992).

Biji kopi berkulit tanduk adalah biji kopi yang masih terbungkus oleh kulit tanduk. Yang dimaksud dengan masih terbungkus kulit tanduk adalah biji kopi yang masih terbungkus kulit tanduknya dalam keadaan utuh maupun besarnya sama atau lebih dari  $\frac{3}{4}$  bagian kulit tanduk yang utuh. Bila kulit tanduk tersebut berukuran lebih kecil dari  $\frac{3}{4}$  bagian dianggap sebagai kulit tanduk yang dinilai sesuai ukurannya (Anonim, 1992).

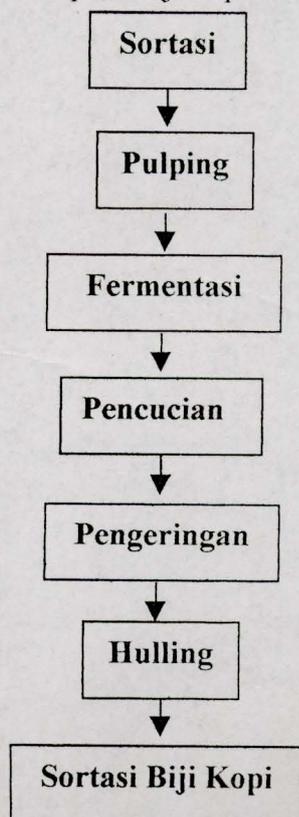
### 2.3 Pengolahan Basah

Pada awal sejarahnya kopi diolah dengan cara kering. Namun pada perkembangan selanjutnya, jumlah produksi kopi semakin besar dan kondisi cuaca tidak layak untuk melakukan penjemuran, maka dirancanglah cara pengolahan basah. Pada saat ini, pengolahan secara basah dianggap menghasilkan mutu lebih baik daripada pengolahan cara kering, karena buah kopi yang diolah telah masak.

Konsep dasar cara pengolahan basah adalah penghilangan lapisan lendir dari buah karena:

1. Senyawa gula yang terkandung di dalam lendir mempunyai sifat mudah menyerap air dari lingkungan (higroskopis). Permukaan biji kopi cenderung lembab sehingga menghalangi proses pengeringan.
2. Senyawa gula merupakan media tumbuh bakteri yang sangat baik sehingga dapat merusak mutu biji kopi.
3. Kotoran non kopi mudah lengket pada lendir sehingga menghalangi proses pengeringan dan menyebabkan kontaminasi (Sri Mulato dan Yusianto, 1997).

Tahapan pengolahan Basah pada biji kopi ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Tahapan Proses Pengolahan Basah

Tahap-tahap pengolahan basah yang berpengaruh terhadap mutu kopi adalah sebagai berikut:

### 1. Sortasi

Sortasi gelondong bertujuan untuk memisahkan kopi merah yang sehat dengan kopi yang hampa. Biji kopi dimasukkan ke dalam bak konis (*syphon/conish tank*) yang dilengkapi dengan saringan serta kran pemasukkan dan pengeluaran air. Bak konis yang digunakan mempunyai kapasitas 600 kg/m<sup>3</sup>. Jumlah air yang dibutuhkan tergantung pada produksi kopi yang dihasilkan per harinya. Jika kopi yang dihasilkan sebanyak 40.000 kg/hari maka jumlah air yang dibutuhkan sebanyak 46670 m<sup>3</sup>. Kopi yang tenggelam atau bernas disalurkan ke mesin pulper sedang kopi yang terapung diolah secara kering.

### 2. Pulping

Bertujuan untuk memisahkan biji kopi dari kulit buahnya sehingga diperoleh biji yang masih terbungkus oleh kulit tanduknya. Alatnya disebut pulper dimana macamnya ada dua yaitu vis pulper dan raong pulper.

### 3. Fermentasi

Pada tahap ini terjadi perubahan-perubahan komponen kimia biji kopi dan merupakan tahapan yang paling kritis dalam keseluruhan proses pengolahan kopi secara basah. Fermentasi untuk biji kopi ini biasanya dilakukan selama 36-48 jam. Pada tahap ini komponen gula mengalami peruraian oleh mikroba menjadi komponen yang lebih sederhana (Sri Mulato dan Yusianto, 1997).

Tujuan utama fermentasi adalah menghilangkan lapisan lendir yang tersisa di permukaan kulit tanduk kopi selama fermentasi terjadi peruraian senyawa lendir buah kopi oleh mikroorganisme. Proses fermentasi dianggap selesai bila kulit tanduk telah bebas dari lapisan lendir tersebut. Di dalam fermentasi terdapat 3 peristiwa penting, yaitu:

#### a. Pemecahan senyawa pembentuk lendir

Senyawa pembentuk lendir adalah protopektin. Bahan tersebut akan pecah dalam proses fermentasi oleh kegiatan enzim protopektinase.

b. Pemecahan gula menjadi asam-asam

Sukrosa merupakan komponen penting dalam daging buah kopi. pemecahan gula menjadi asam-asam antara lain asam laktat, asam butirat, asam propionat, asam asetat dan etanol.

c. Perubahan warna kulit biji (silver skin) menjadi lebih coklat.

(Anonim, 1997).

4. Pencucian

Pencucian bertujuan untuk menghilangkan lapisan lendir yang masih melekat pada kulit biji .

5. Pengerinan

Kadar air biji kopi setelah pencucian berkisar antara 50-55% untuk memenuhi syarat standar perdagangan, kadar air tersebut harus diturunkan samapai 12-13%. Nilai ini merupakan kadar air kesetimbangan biji kopi beras di lingkungan ruang simpan di daerah tropis. Penurunan kandungan kadar biji kopi pada umumnya dilakukan dengan pemanasan seperti pada proses pengolahan kering. Sumber panas dapat diperoleh dari:

- a. sinar matahari (penjemuran)
- b. bahan bakar kayu atau minyak (Pengerin mekanis atau non mekanis)
- c. kombinasi keduanya

Pengerinan biji kopi biasanya dilakukan dengan menjemur buah kopi di panas matahari sehingga waktu yang dibutuhkan lama dan memungkinkan terjadinya perubahan mutu yang tidak dikehendaki dan menurunkan mutu kopi, misalnya :

- a. Pada buah yang matang terjadi proses fermentasi alamiah yang menyebabkan terbentuknya warna coklat kekuningan pada kopi pasar.
- b. Terjadi pelengkatan kulit ari pada biji kopi.
- c. Tumbuhnya jamur yang menyebabkan bau apek
- d. Terjadi reaksi enzimatik yang akan menurunkan kenampakan, rasa dan aroma.

## 6. Pengupasan kulit tanduk

Proses pemisahan biji kopi yang sudah kering dari kulit tanduk dan kulit arinya. Alat yang digunakan disenut mesin huller.

## 2.4 Syarat Mutu Biji kopi Pengolahan Basah

Biji kopi pengolahan basah mempunyai beberapa syarat mutu seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2. Syarat Mutu Biji Kopi Pengolahan Basah**

Jenis uji	Satuan	Persyaratan
Biji berbau busuk dan berbau kapang	-	Tidak ada
Serangga hidup	-	Tidak ada
Kadar air (b/b)	%	maks 12
Kadar kotoran (b/b)	%	Maks 0.5
Robusta. Biji ukuran besar, lolos ayakan lubang bulat ukuran diameter 6.5 mm (b/b)	%	Maks 5
Robusta, Biji ukuran kecil, lolos ayakan lubang bulat ukuran diameter 5.5 mm (b/b)	%	Maks 5

Sumber: Anonim (1992)

## 2.5 Penyimpanan Kopi

### 2.5.1 Pengemasan

Tujuan pengemasan biji kopi antara lain untuk memepertahankan mutu, mengamankan dari serangan hama dan penyakit, memperindah kenampakan, memudahkan penanganan, pengangkutan, perhitungan jumlah dan identifikasi. Oleh sebab itu, pengemasan merupakan tahap pengolahan yang paling kritis dan harus mendapatkan perhatian yang paling utama.

Pada umumnya pengemasan di perkebunan besar dilakukan secara manual dalam dua tahap. Tahap I adalah pengemasan sebelum sortasi dan Tahap II adalah pengemasan siap kirim. Pengemasan sebelum sortasi ada beberapa macam antarlain pengemasan dalam karung dan pengemasan kedap udara. Pengemasan siap kirim umumnya dalam karung goni.

Beberapa kriteria pengemasan yang baik untuk biji kopi adalah :

1. Kopi yang dikemas harus cukup kering sehingga tidak rusak sewaktu disimpan atau dikirim.
2. Kopi yang dikemas harus seragam tingkat mutunya.
3. Pengemas harus bebas dari bahan-bahan yang dapat mengkontaminasi mutu fisik atau mutu seduhan kopi, seperti bau minyak atau bau-bauan lainnya.
4. Pengemas harus dari bahan yang aman bagi kesehatan manusia.
5. Pengemas harus cukup kuat, rapat, serta tidak mudah robek, bocor, berlubang atau pecah.
6. Pengemas harus nampak bersih dan menarik.
7. Kapasitas pengemas harus dalam ukuran angkut seseorang atau suatu alat angkut.
8. Pengemas harus mudah dikenali dengan pemberian label yang jelas untuk menghindari pemalsuan (Sri Mulato dan Yusianto, 1997).

Secara umum penyimpanan biji-bijian dapat dilakukan dalam pengemas karung dan kedap udara (plastik).

1. Penyimpanan dalam karung

Cara penyimpanan ini banyak dilakukan, yaitu biji kopi dikemas dalam karung goni (tosela atau kenaf) atau karung plastik. Setiap karung berisi 60 kg (netto) biji kopi.

2. Penyimpanan kedap udara

Cara ini dapat dilakukan tanpa atau dengan memasukkan bahan dalam kantung (karung). Biji dikemas dengan kedap udara atau dengan memasukkan biji ke dalam wadah yang ditutup rapat. Penyimpanan dilakukan dengan cara memasukkan biji kopi secara umum relatif tetap selama penyimpanan 10 bulan. Penyimpanan dilakukan dengan cara memasukkan biji ke dalam kantung polietilen dan ditutup rapat atau biji kopi dikemas dalam karung kemudian ditumpuk dan dibungkus dengan lembaran plastik polietilen.

### 2.5.2 Penggudangan

Tujuan penggudangan adalah:

1. Melindungi biji kopi terhadap air

Air hujan dan uap air yang berasal dari tanah atau sumber air lainnya tidak boleh dibiarkan mengenai biji kopi. Kadar air biji kopi yang tinggi akan meningkatkan respirasi biji kopi, suhu penyimpanan dan pertumbuhan jamur. Atap dan dinding bangunan harus bebas dari lubang dan retakan yang memungkinkan masuknya air. Selain itu bangunan harus kedap air, karena biji kopi mudah menyerap air dan pada saat penumpukkan karung diharuskan menggunakan palet.

2. Melindungi biji kopi terhadap kontaminasi

3. Melindungi biji kopi terhadap tikus

4. Melindungi biji kopi terhadap serangga

5. Melindungi biji kopi terhadap kapang

Pada keadaan tertentu kapang dapat menimbulkan kerusakan serius pada biji kopi, karena kondisi hangat dan lembab yang disenangi kapang untuk pertumbuhannya sehingga ruang penyimpanan harus kering. Perbedaan suhu dapat menyebabkan uap air bergerak dari daerah yang lebih hangat ke daerah yang lebih dingin, biasanya ke permukaan yang lebih atas. Bila tidak dilakukan tindakan pencegahan untuk menghindari terakumulasinya uap air maka pergerakan uap air tersebut dapat menimbulkan kondisi yang menguntungkan untuk pertumbuhan kapang (Sulistyowati, 1992).

Tujuan penggudangan biji kopi antara lain untuk menunggu pemasaran atau untuk tujuan pengolahan akhir. Oleh sebab itu kondisi penggudangan harus dapat mempertahankan mutu, mengamankan dari serangan hama dan penyakit, mempermudah penanganan, pengangkutan, perhitungan jumlah dan identifikasi. Oleh sebab itu penggudangan merupakan tahapan yang kritis dan harus mendapat perhatian cukup baik. Beberapa kriteria penggudangan Antara lain:

1. Gudang harus bebas dari bahan-bahan yang lain yang dapat mengkontaminasi mutu fisik, terutama bahan-bahan yang berbau tajam, mudah menguap, terlebih bahan yang beracun dan berbahaya.

2. Gudang harus terbuat dari bahan yang aman bagi kesehatan manusia, cukup besar dan berventilasi memadai.
3. Gudang harus cukup kuat dan tidak bocor.
4. Gudang harus nampak bersih dan menarik.
5. Kapasitas gudang harus memadai dan memudahkan lalu-lintas keluar masuknya bahan.
9. Kondisi bagian dalam gudang mudah dikenali dengan pemberian nama atau tulisan yang jelas. Gudang harus bebas dari kontaminasi hama (tikus, serangga, dll) (Yusianto dan Sri Mulato, 1995).

## **2.6 Gudang konvensional**

Gudang penyimpanan biji kopi yang baik harus memenuhi syarat sebagai berikut;

1. Mempunyai aliran ventilasi udara yang lancar dan cukup agar suhunya bisa lebih konstan (stabil).
2. Suhu gudang yang optimum 20-25<sup>0</sup>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 dilantai yang diberi alas bambu atau kayu setinggi 10 cm. Pada sisi bawah tidak boleh berhubungan langsung dengan tembok atau lantai karena bisa menyebabkan kopi menjadi lembab (Najiyati S dan Danarti, 1990).

## **2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Perubahan-Perubahan Biji Kopi**

### **2.7.1 Faktor Fisiko-kimia**

Faktor-faktor fisiko-kimia yang berpengaruh terhadap kerusakan biji kopi selama penyimpanan adalah kelembaban nisbi (RH), suhu dan aktivitas air.

### 2.7.1.1 Kelembaban Nisbi

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

Biji kopi seperti biji-bijian yang lain bersifat higroskopis. Dalam penyimpanan akan menyerap atau melepaskan uap air dari atau ke udara, tergantung dari kadar air bahan, kelembaban dan suhu udara.

Bila tekanan uap air di udara lebih tinggi dibanding di dalam biji maka akan terjadi penyerapan uap air oleh biji. Sebaliknya bila tekanan uap air di udara lebih rendah dibanding di dalam biji maka akan terjadi penguapan uap air dari dalam biji (Hall, 1970 ; Muir, 1973).

Kelembaban nisbi udara tempat penyimpanan kopi cukup aman pada tingkat 60% (Murithii, 1978). Bila kelembaban 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. Kelembaban relatif 80% dapat menciptakan keadaan lingkungan yang kecepatan respirasinya bertambah dengan pemanasan sendiri (Ciptadi dan Nasution, 1981).

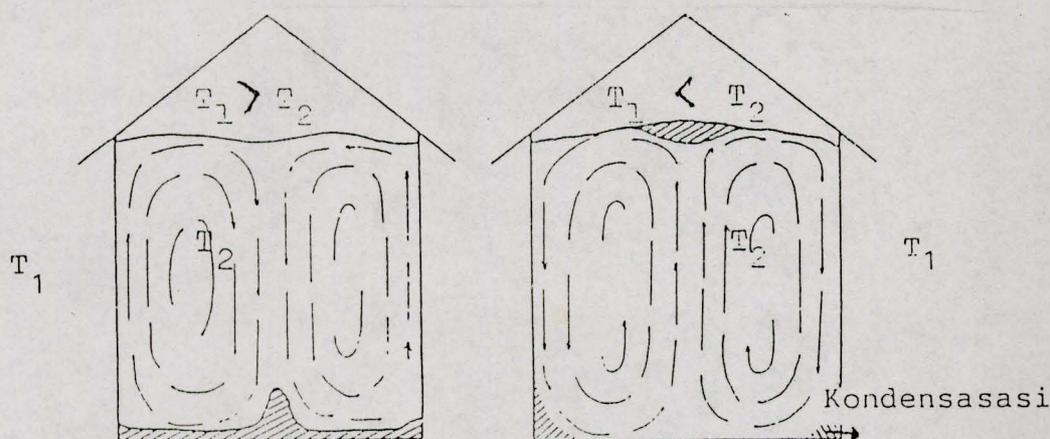
Kemantapan optimum bahan pangan akan diperoleh bila kandungan air maksimumnya merupakan kelembaban relatif 70% (Atmawinata, 1984). Apabila ruang simpan mempunyai kelembaban relatif di atas 75% maka bahan yang disimpan akan rusak karena pertumbuhan kapang, sedangkan apabila kelembaban relatif tersebut dapat diusahakan lebih rendah dari 70 persen maka daya simpan bahan akan menjadi lebih baik (Pixton, 1967).

### 2.7.1.2 Suhu

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

Menurut Striling (1974), laju penyusutan mutu biji kopi bertambah dengan meningkatnya suhu penyimpanan. Suhu udara di dalam gudang dipengaruhi oleh kondisi udara di luar gudang. Besarnya variasi suhu tempat

penyimpanan merupakan penyebab utama penyusutan mutu komoditas (kopi) selama penyimpanan (Murithii, 1978 ; Hall, 1970). 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 (Murithii, 1978). Pada **Gambar 3** dapat dilihat pengaruh perbedaan suhu antara di dalam ( $T_2$ ) dan di luar ( $T_1$ ) gudang terhadap pergerakan uap air dan terjadinya kondensasi. Untuk menghindari terjadinya kondensasi uap air maka perlu adanya sirkulasi udara dalam gudang yaitu dengan sistem ventilasi yang baik.



**Gambar. 3** Pergerakan dan kondensasi uap air akibat perbedaan suhu di dalam dan diluar gudang (Hall, 1970).

### 2.7.1.3 *Water activity*

Menurut Atmawinata (1985), kerusakan yang bersifat mikrobiologis, fisiologis dan kimia termasuk didalamnya merusakkan enzimatis dibutuhkan air. Namun, karena hanya air bebas yang dapat membantu proses-proses tersebut maka besarnya kadar air bahan bukan ukuran yang 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 kemantapan bahan pangan selama penyimpanan.

Aktivitas air mempunyai peranan penting dalam usaha pencegahan pertumbuhan mikroorganisme (Atmawinata, 1985). Aktivitas air ( $a_w$ ) dinyatakan sebagai jumlah air bebas dalam bahan yang dapat dipergunakan oleh mikroba

untuk pertumbuhan untuk memperpanjang daya simpan bahan maka sebagian air pada bahan dihilangkan sampai kadar air tertentu. Kebanyakan kapang tidak dapat tumbuh pada nilai  $a_w$  dibawah 0,8. Kisaran nilai  $a_w$  0,7-0,75 umumnya dinyatakan sebagai batas terendah bagi kapang. Setiap jenis kapang mempunyai  $a_w$  minimal untuk pertumbuhannya. **Tabel 3** menunjukkan  $a_w$  pertumbuhan minimal kapang yang menyerang biji kopi selama penyimpanan.

**Tabel 3. Aktivitas air minimal Pada Berbagai Jenis Kapang**

<i>Spesies</i>	$a_w$ minimal pertumbuhan kapang
<i>Aspergillus niger</i>	0.7-0.78
<i>Aspergillus flavus</i>	0.78; 0.85
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.76-0.83
<i>Aspergillus wentii</i>	0.73-0.75; 0.79
<i>Penicillium citrinum</i>	0.8-0.82

Frisvad dan Samson, 1996.

### 2.7.2 Faktor Biologis

Faktor-faktor biologis yang umum berhubungan dengan kerusakan biji-bijian yang disimpan adalah kapang, bakteri, tungau, serangga, dan tikus (Hall, 1970; Sinha, 1973). Dari semua jenis organisme tersebut yang utama adalah serangga dan kapang (Harris dan Linblat, 1978; Majumder, 1982). Menurut Multon, *et al.*, 1974) golongan kapang yang paling utama menyerang biji kopi daripada bakteri dan khamir. Menurut Ismayadi (1986) kapang merupakan mikroflora yang paling banyak menyerang biji kopi selama penyimpanan.

Secara umum kapang dapat tumbuh pada kondisi udara dengan RH di atas 60%. Berbagai jenis kapang yang dapat menyerang biji kopi antarlain *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Fusarium sp*, dan *Sporendonema sp* (Corte de Santos, *et al.*, 1971). Pada biji kopi kapang golongan *Aspergillus* akan tumbuh bila kelembaban udara melebihi 75%.

## 2.8 Jenis-Jenis Kapang yang menyerang biji kopi

Beberapa jenis kapang terbukti menyerang biji kopi dan beberapa diantaranya mempunyai potensi menghasilkan mikotoksin.

### 2.8.1 *Aspergillus niger*

Mempunyai kepala pembawa konidia yang besar, padat, bulat dan berwarna hitam, coklat hitam atau ungu coklat. Konidiana kasar dan mengandung pigemen (Frazier dan Weithoff, 1978). Suhu pertumbuhan sekitar 25-30°C (Prescot dan Dunn, 1982). Kapang ini pada dasarnya tidak menghasilkan toksin yang tergolong dibatasi.

### 2.8.2 *Aspergillus flavus*

Mempunyai ciri-ciri miselium berwarnakuning sampai hijau. Menghasilkan toksin yaitu aflatoksin B1 yang tingkat kontaminasinya rendah pada biji kopi (Nakajima, *et al.*, 1997). Dapat tumbuh baik pada kisaran suhu 37°C atau lebih (Frazier dan Weithoff, 1978).

### 2.8.3 *Aspergillus wentii*

Mempunyai miselium berwarna coklat atau coklat kehitaman. kapang ini menghasilkan enzim pektinase.

### 2.8.4 *Penicillium citrinum*

Miselium bercabang, biasanya tidak berwarna. Konidiospora sepatat dan muncul diatas permukaan, berasal dari hifa bawah permukaan, bercabang atau tidak bercabang. Konidia pada waktu masih muda berwarna hijau, kemudian berubah menjadi kebiruan. Tumbuh baik pada suhu 25-30°C (Ismayadi, 1998). Kapang ini menghasilkan toksin yang perlu diperhatikan keberadaannya. Toksin yang dihasilkan adalah citrinin.

### 2.8.5 *Aspergillus ochraceus*

Konidia berwarna kuning atau orange. Menghasilkan mikotoksin yang menyerang biji kopi yaitu ochratoksin A atau OTA (Ono *et al.*, 1995). Menurut Ayerst (1963) pada kondisi  $a_w$  lebih dari 0,9, pertumbuhannya optimal untuk menghasilkan mikotoksin.

Beberapa jenis kapang yang menyerang biji kopi dan toksin yang dihasilkannya dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4. Mikotoksin yang dihasilkan berbagai jenis jamur**

Jenis jamur	Mikotoksin yang mungkin dihasilkan
<i>Aspergillus niger</i>	-
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ochratoxin A (OTA), Penicillic acid, Xanthomegnin, Viomelein, Vioxanthin.
<i>Aspergillus wentii</i>	-
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxin B1, 3-nitropropionic acid, cyclopiazonic acid, cyclopiazonic acid.
<i>Penicillium citrinum</i>	citrinin

Frisvad dan Thrane (1995).

## 2.9 Hipotesis

1. Jenis pengemas berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang pada biji kopi pengolahan basah.
2. Jenis kopi berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang pada biji kopi pengolahan basah.
3. Kombinasi antara jenis pengemas dan jenis kopi berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang pada biji kopi pengolahan basah.

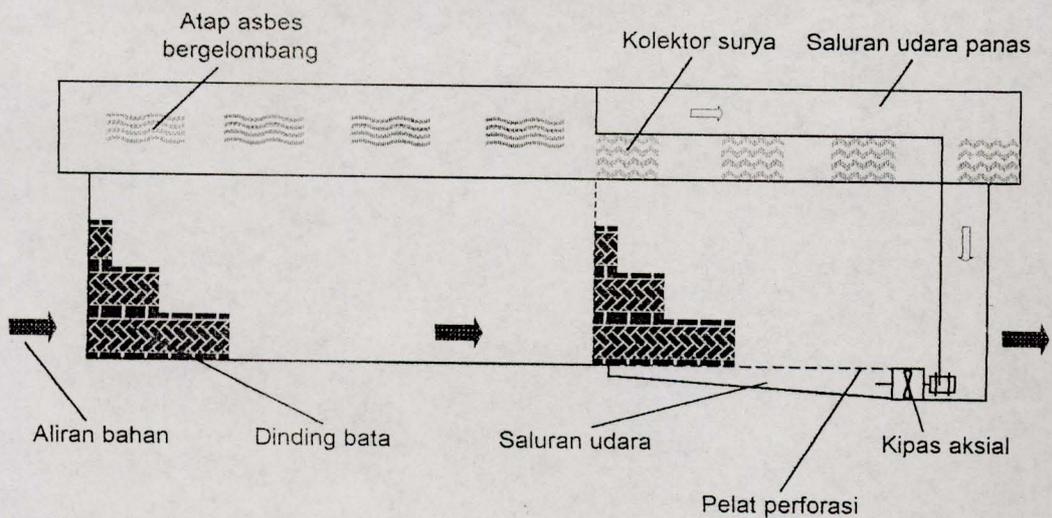
### III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.1.1 Alat

##### 3.1.1.1 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), dapat dilihat pada **Gambar 4**. Luas lantai efektif untuk bangunan gudang adalah panjang 19 m, lebar 8 m dan tinggi dinding, 5 m. Sarana pengkondisian ruangan gudang adalah kolektor surya, saluran udara, kipas dan distributor udara panas.



**Gambar 4. Konstruksi Gudang Penyimpanan Biji Kopi**

##### 3.1.1.2 Alat ukur

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah komputer pencatat suhu dan termokopel, timbangan, tali rafia, Higrometer, termometer, eksikator, karung plastik, karung goni, bak plastik, kantung polibek. Peralatan di laboratorium antara lain Beaker Glass, Microwave, Kompor gas, Autoclaf, Petridish sebanyak 80 buah, botol Durant ukuran 1 liter, pengaduk, oven, dan bunzen .

### 3.1.2 Bahan

Biji kopi robusta untuk penelitian diperoleh dari kebun Sumber Asin hasil pengolahan basah, yaitu Kopi HS dan Kopi Beras dengan kadar air 10-13%.

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. $\text{KH}_2\text{PO}_4$	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  $121^\circ\text{C}$  selama 15-20 menit, setelah cukup dingin (  $60^\circ\text{C}$  ) tambahkan campuran Dichloran + Chloramphenicol )

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

### 3.1.2.1 Jenis-jenis pengemas

Tabel 1. Sifat bahan Pengemas

Jenis Pengemas	Jenis Bahan	Sifat Fisik	Sifat Kimia
1. Kantung Polibag	Poliethylen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>n</sub>	Ketebalan 0,15 mm, densitas 0,96 g/cm <sup>3</sup>	-Ketahananya terhadap air dan meningkatkan stabilitas terhadap panas.
2. Karung Plastik	Polypropelene (C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	Ketebalan 0,15 cm, densitas 0,9 g/cm <sup>3</sup>	-Ketahanannya lebih kaku, kuat, dan ringan daripada Polyethylene dengan daya tembus uap air yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi, dan cukup mengkilap.
	Polininylchlorida (PVC)	Ketebalan 14,5 m	- Plastik yang fleksibel yang diperoleh dengan penambahan bahan-bahan plastik. Daya tembus terhadap oksigen sebesar 0,667 sedangkan dengan air 2540 yang diukur pada suhu 25 C, RH 75%.
4. Karung Goni	Selulosa D- glukosa	Ketebalan 0,235 cm	Selulosa mempunyai daerah amorf yang bersifat menyerap air.

Sumber : Buckle *et al.*, 1987

## **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

### **3.2.1 Tempat**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pasca Panen Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao Indonesia di Jember.

### **3.2.2 Waktu**

Waktu penelitian dimulai bulan Oktober 2000 sampai dengan bulan Januari 2000.

## **3.3 Metode**

### **3.3.1 Rancangan percobaan**

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 kali ulangan. Hasil penelitian dianalisa dengan metode deskriptif dengan 2 faktor yaitu :

Faktor A= Jenis Kopi

A1= kopi HS Sumber Asin

A2= Kopi Beras Sumber Asin

Faktor B = Jenis Pengemas

B1 = Karung plastik

B2 = Karung goni

B3 = Bak plastik

B4 = Kantung polibek

### **3.3.2 Pelaksanaan kegiatan**

#### **1. Pembersihan gudang**

Sebelum dilakukan penyimpanan, gudang harus bersih dari kotoran dan benda asing.

#### **2. Penyiapan bahan**

Biji kopi yang digunakan adalah kopi HS yang masih diselubungi kulit tanduk dan kopi beras yang masih mempunyai kulit ari dengan kadar air sekitar 10-13%.

Biji kopi yang akan disimpan sebanyak 10 kg untuk masing-masing jenis pengemas. Pengemas yang digunakan antara lain karung plastik, karung goni,

bak plastik, dan kantung polibag. Setiap jenis kopi dalam satu pengemas disiapkan 3 kali dan diberi kode untuk mempermudah pengambilan sampel.

3. Penyimpanan bahan

Bahan yang sudah dikemas ditempatkan dalam rak bersusun dan disimpan selama 4 bulan.

4. Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan setiap 3 minggu sekali. Masing-masing jenis kopi dalam kemasan yang berbeda diambil sebanyak 250 gram. Pengambilan sampel selama penelitian dinyatakan sebagai berikut:

$M_0 = 3$  minggu

$M_1 = 6$  minggu

$M_2 = 9$  minggu

$M_3 = 12$  minggu

$M_4 = 15$  minggu

5. Penanaman biji kopi

Media dituang dalam petridish yang steril. Petridish yang digunakan sebanyak 5 buah untuk masing-masing perlakuan. Biji-biji kopi dicuci dengan larutan chlorox. Kemudian dibilas air destilat. Biji kopi yang ditanam sebanyak 10 buah untuk masing-masing petridish. Kemudian semua petridish diinkubasi dalam oven.

### 3.4 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan meliputi :

1. Pengamatan fisiko-kimia
  - a. Kelembaban relatif udara ( $R_H$ ) dan Suhu
  - b. Aktivitas air ( $a_w$ )
2. Pengamatan biologis
  - a. Jenis kapang
  - b. Jumlah kapang yang tumbuh

### **3.5 Prosedur analisa**

#### **3.5.1 Identifikasi kapang toksigenik**

Kapang diisolasi dengan metode penanaman langsung (Direct Planting Method) pada media D.G 18 (Samson, *et al.*, 1996 ; Nakajima *et al.*, 1997). Pertumbuhan jamur diamati setelah inkubasi selama 5 hari.

##### **3.5.1.1 Metode penanaman langsung**

###### **1. Pembersihan Permukaan**

Biji kopi sebanyak 50 buah atau lebih dicuci dengan larutan chlorox yang berfungsi sebagai desinfektan pada permukaan biji kopi.

###### **2. Pembilasan**

biji kopi dibilas dengan air destilat.

###### **3. Penanaman**

Penanaman biji kopi untuk masing-masing petridish sebanyak 10 buah. Pteridish yang digunakan sebanyak 5 buah untuk masing-masing perlakuan. Penanaman dilakukan secara steril dalam ruangan yang bersih.

###### **4. Inkubasi**

Sampel yang akan diamati diinkubasi dalam oven dengan suhu 25°C selama 5 hari. Peletakan pteridish dalam ruang inkubasi dalam kondisi terbalik.

###### **5. Hasil**

Perhitungan serangan kapang pada biji kopi dilakukan untuk tiap-tiap jenis kapang yang tumbuh. Untuk jenis kapang berpeluang menyerang biji kopi dalam kisaran nilai 1-10 sesuai dengan jumlah biji yang ditumbuhi jenis kapang tersebut. Hasil perhitungan untuk satu jenis kapang dalam 5 plate dijumlah dan dibagi dengan jumlah biji kopi seluruhnya yang ditanam yaitu 50 dikalikan 100% (Samson *et al.*, 1996).

##### **3.5.1.2 Metode pengujian langsung**

Pengujian adanya kapang yang tumbuh dapat dilakukan secara visual atau dengan menggunakan mikroskop (Samson, *et al.*, 1996).

### 3.5.2 Pengukuran *water activity* ( $R_H$ bahan)

Menyiapkan biji kopi sebanyak 500 gram dari masing-masing pengemas. Masukkan bahan dalam eksikator yang telah dikalibrasi dengan air destilat. Pengukuran  $R_H$  bahan dengan alat yang disebut higrometer. Pengukuran  $R_H$  dilakukan setiap 15 menit dan 30 menit. Persamaan untuk pengukuran  $R_H$  dengan menggunakan higrometer.

$R_H$  = Tekanan Parsial uap air bahan / Tekanan jenuh Uap air bahan

$a_w$  = kelembaban Nisbi setimbang / 100

### 3.5.3 Pengukuran suhu dan $R_H$ gudang

Suhu dan Kelembaban relatif gudang penyimpanan dikontrol dengan komputer pencatat suhu dan termokopel yang bekerja otomatis setiap 5 menit selama 24 jam. Pengukuran dilakukan selama 15 minggu.

Metode analisa Kelembaban Relatif gudang penyimpanan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$R_H = P / PK \times 100\%$$

$$\text{Dimana : } P = P1 - 0.0008 \times b \times (tk - tb)$$

Keterangan:

b = Sikap barometer (76 cmHg)

tk = Suhu bola kering ( $^{\circ}\text{C}$ )

tb = Suhu bola basah ( $^{\circ}\text{C}$ )

(Handani dan Misto, 1997)

Dari persamaan tersebut diperoleh :

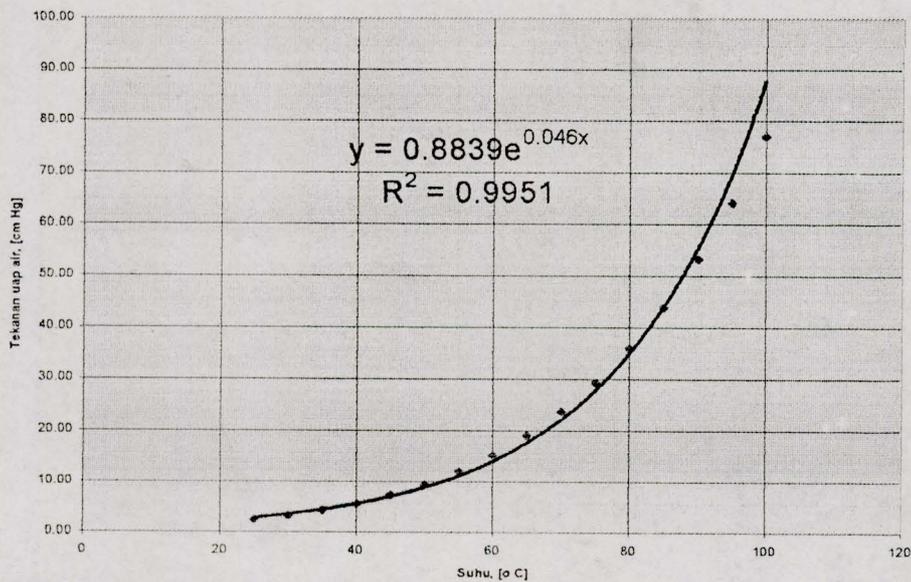
$$PK = 0,08839 * \text{EXP} * (0,046 * Tamb)$$

Keterangan :

PK = Tekanan uap air jenuh pada suhu kamar (cmHg)

Tamb = suhu dari lingkungan (ambient) dinyatakan dalam ( $^{\circ}\text{C}$ )

$0,08839 e^{0,046 \times}$  diperoleh dari grafik regresi pada **Gambar 5**



**Gambar 5. Regresi Hubungan antara Tekanan uap air dan Suhu**

$$P1 = 0,08839 * EXP * (0,046 * Tamb-w)$$

Keterangan :

P1 = Tekanan uap air pada suhu basah (cmHg)

Tamb-w = Suhu basah dari lingkungan dinyatakan dalam (°C)

$$P = P1 - 0.008 * 76 * (Tamb - Tamb-w)$$

Keterangan :

P = Tekanan Parsial uap air (cmHg)

$$R_H = \frac{P1 - 0.008 * 76 * (Tamb - Tamb-w)}{PK = 0,08839 * EXP * (0,046 * Tamb)} * 100\%$$

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis pengemas berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang dimana persentase serangan terkecil sebesar 1% pada pengemas polibag dan karung plastik.
2. Jenis kopi berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang dimana persentase serangan jamur terkecil pada kopi HS.
3. Kombinasi perlakuan antara jenis pengemas dan jenis kopi berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang dimana persentase serangan kapang terkecil pada kopi HS yang dikemas dalam polibag
4. Jenis pengemas yang baik untuk penyimpanan kopi beras adalah karung plastik dan jenis pengemas yang baik untuk penyimpanan kopi HS adalah polibag.

### 5.2 Saran

1. Untuk memperoleh biji kopi yang tetap bermutu selama penyimpanan sebaiknya disimpan dalam polibag atau karung plastik.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai kondisi gudang penyimpanan yang optimal untuk penyimpanan biji kopi dengan biaya yang rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1997. *Pengolahan Kopi*. Teknologi Hasil pertanian. Universitas jember.
- Anonim. 1992. *Standard Nasional Indonesia (SNI 01-2907)*. Indoneia Standard Council, Jakarta.
- Austin G.T. 1985. *Shreve' s Chemical Process Industries*: Singapore. Internasional Student Edition.
- Ayerst, G. 1969. *The Effect Of Moisture and Temperatur On Growth and Spore Germination In Some Fungi. J. Stored Prod. Res-5*, 127-141.
- Atmawinata. 1984. *Penentuan Kadar Air Minimum Dan Kadar Air Maksimum Daun Stevia Untuk Kemantapan Selama Penyimpanan*, Menara Perkebunan. 51(1) : 17-23.
- Atmawinata. 1985. *Simulasi Kemantapan Thiamin Dalam model Makanan Selama Penyimpanan*, Thesis Doktor. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- BPP Bogor. 1981. *Statistik kopi 1979*. BPP Bogor Dan BFS Jakarta: 64p.
- 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.
- Ciptadi, W. 1978. *Pengolahan Kopi Bogor*. Departeman Teknologi Hasil Pertanian. FATAMATETA IPB.
- Demam J.M. 1989. *Kimia Makanan*. ITB-Press. Bandung.
- Corte de Santos, A; D, Hann; B, Cahagnier; R, Gulbot; J. Levebre; J.L, Multon; J, Poisson. 1971. *Evolution Various Charateristics Of Coffee During And Experimental Storage at Five Relative Humidities*, Asic 5- th Int-coll on The Chemistry Of Coffee, Lisbone, P 304-315
- Corte de Santos, A; D, Hann; B, Cahagnier; R, Gulbot;M, Barel; J.L, Multon; J, Poisson. 1974. *Evolution of Some Charatheristic of arabica Coffee During Experimental Storage with five Relative Humidities and Four different*

- temperatures*, Asic 6- th Int-coll on The Chemistry Of Coffee, Lisbone, P 268-277.
- Frisvad, J.C dan R.A, Samson. 1991. *Filamentous Fungi in Foods and Feeds ; Ecology, Spoilage and Mycotoxin Production. In Handbook Of Applied Mycology. Vol. 3. Foods and Feeds. Eds. Arora, D.K., Mukerji, K.G. and Martin, E.H.* New York : Marcel Dekker, pp. 31-68.
- Frisvad, J.C dan U Thrane. 1996. *Mycotoxin Production by Food Borne- fungi in Introduction to Food Borne fungi* (B.A Samson, E.A. Hoekstra dan O. Fittenborg, Eds. Centralbureau Voor Scimmel Cultures.
- Frazier W.C., dan D.C. Westhoff. 1978. *Food Microbiology.* Tata Mc-Graw-Hill Publishing Co. Inc- West-port.
- Handani, D.P. dan Misto. 1993. *Petunjuk Praktikum Fisika Dasar, Laboratorium Fisika Dasar, Universitas Jember, Jember.*
- Hall, D.W. 1970. *Handling And Storage Of Food Grains in Tropical And Subtropical Areas*, FAO, Rome.
- Ismayadi. C. 1985. *Sifat-Sifat Fisik Biji Kopi Pasar, kopi Hasil Sangrai Dan hubungannya Dengan Mutu Seduhan.* Pelita Perkebunan 1(1) ; 3-10.
- Ismayadi. C. 1998. *Jamur Mikotoksigenik Yang Menyerang Biji Kopi.* Simposium Kopi.
- K.A. Buckle, R.A. Edwards, G.H. Fleet, M.Wooton. 1986. *Ilmu Pangan.* UI-Press.
- Majumder, S.K. 1982. *Studies On The Storage Of Coffee Beans II. Air Tight Storage In Bags,* Food Sci. 10, 321-326.
- Muir, W.E. 1973. *Temperatur and Moisture in Grains Storage* in Sinha, R.N. and Muir, W.E. (eds.), Grain Storage: Part Of System, The Avi Publ. Co. Inc., Westport, Conn. P. 49-70.
- Murithii, G.K. 1978. *A Comparative Study Of Temperatures and Relative Humidities in The Coffee Storage Units For Parcmnt and Clean Coffee Kenya Coffee*, 43 (507/508) : 193-200.
- Nadjiyati, S dan Danarti. 1998. *Budidaya Dan penanganan Lepas Panen Kopi.* Penebar Swadaya. Jakarta.

- Nakajima, M., M, Miyabe dan Y, Ueno,. 1997. *Survey Of Aflatoxin B1 And Ochratoxin A in Commercial Green Coffee Beans by HPLC Loked with Immunoaffinty Chromatograpy* Food and Agricultural Immunology, 9 : 77-83.
- Pixton, S.W. 1967. *Moisture Content its Significance and Measurement in Stored Products*. J. Stored prod. Res. 3: 35-47.
- Retnandri dan Moeljarto. 1991. *Kopi ; Kajian sosial Ekonomi*. Penerbit Aditya Media. Jakarta.
- Siswoputranto. 1993. *Kopi : Internasional Dan Indonesia*. Yogyakarta : Kanisius.
- Sivets dan H.E, Foote. 1963. *Coffee Processing Technology Vol. I* The AVI Publ. Co. Inc. Westport. Conn
- Strilling, H.G. 1974. *The Effect Of Temperature and Moisture Content Of The Quality Of Parcmmed Arabica During a 12 month Sealed Storagetrial*, Kenya Coffee, 39 (456) : 73-79.
- Sri Mulato dan Yusianto. 1995. *Pengolahan Kopi Pelatihan Uji Cita rasa Kopi*, 19-20 September 1995. Puslit Kopi Dan Kakao : 36p
- Sulistyowati. 1992. *Pengolahan Kopi*, Makalah Pendidikan Dan Latihan Manajemen Perkebunan. Puslit.Jember.
- Soeryabroto, H.Y dan B, Hardjosuwito,. 1981. *Beberapa Hasil Pengamatan Mikroorganisme Yang Tumbuh Pada Buah Kopi Lepas Panen*. BPP. Bogor.
- Samson, R.A., E.S Hoekstra, J.L. Frisvad and O. Fittenborg. 1996. *Introduction to Food Borne- Fungi (5 th)*. Centralbureau Voor Schimmelcultures. Baarn. The Netherland.

**Lampiran 1 ; Jumlah persentase serangan kapang pada berbagai pengemas**

**B. Kopi HS Sumber Asin**

*B.1 Aspergillus niger*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	40	10	2	10	0	10
Karung Goni	40	18	2	6	6	6
Bak Plastik	40	18	4	4	0	0
Kantung Polibag	40	10	2	2	0	0

*B.2 Aspergillus flavus*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	24	0	0	0	0	0
Karung Goni	24	0	0	0	0	0
Bak Plastik	24	0	0	0	0	0
Kantung Polibag	24	0	0	0	0	0

*B.3 Aspergillus wentii*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	1	0	0	0	0	0
Karung Goni	1	0	0	0	0	0
Bak Plastik	1	0	0	0	0	0
Kantung Polibag	1	0	0	0	0	0

*B.4 Aspergillus ochraceus*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	1	0	0	0	0	0
Karung Goni	1	0	0	0	0	0
Bak Plastik	1	0	0	0	0	0
Kantung Polibag	1	0	0	0	0	0

**B.5 Jamur Kapas putih**

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	13	0	0	0	0	0
Karung Goni	13	0	0	0	4	4
Bak Plastik	13	0	0	0	0	0
Kantung Polibag	13	0	0	0	0	0

*B.6 Penicillium citrinum*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	0	0	2	10	18	10
Karung Goni	0	0	0	20	40	10
Bak Plastik	0	0	0	18	38	4
Kantung Polibag	0	0	0	0	32	0

Lampiran 2 ; Jumlah persentase serangan kapang pada berbagai pengemas

A. Kopi Beras Sumber Asin

A.1 *Aspergillus niger*

Jenis Pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	27	10	4	4	6	0
Karung Goni	27	2	14	14	6	4
Bak Plastik	27	2	2	2	2	8
Kantung Polibag	27	4	4	2	2	0

A.2 *Aspergillus flavus*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	38	0	0	0	0	0
Karung Goni	38	0	0	0	0	0
Bak Plastik	38	0	0	0	0	0
Kantung Polibag	38	0	0	0	0	0

A.3 *Aspergillus wentii*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	2	0	0	0	0	0
Karung Goni	2	0	0	0	0	0
Bak Plastik	2	0	0	0	0	0
Kantung Polibag	2	0	0	0	0	0

A.4 Jamur Kapas Putih

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	16	0	0	0	0	0
Karung Goni	16	0	0	0	0	0
Bak Plastik	16	0	0	0	2	0
Kantung Polibag	16	0	0	0	0	0

A.5 *Aspergillus ochraceus*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	14	0	0	0	0	0
Karung Goni	14	0	0	0	0	0
Bak Plastik	14	0	0	0	0	0
Kantung Polibag	14	0	0	0	0	0

A.6 *Penicillium citrinum*

Jenis pengemas	Penyimpanan Minggu ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	0	0	4	1	24	10
Karung Goni	0	0	2	34	64	0
Bak Plastik	0	0	0	8	22	0
Kantung Polibag	0	0	0	4	64	0

### Lampiran 3; Akttivities air pada biji kopi pengolahan basah

#### A. aw Kopi HS Sumber Asin

Jenis Pengemas	Penyimpanan Minggu Ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	0,84	0,9	0,9	0,88	0,9	0,9
Karung Goni	0,84	0,89	0,9	0,892	0,9	0,9
Bak Plastik	0,84	0,89	0,86	0,865	0,88	0,9
Kantung Polibag	0,84	0,835	0,83	0,825	0,835	0,875

#### B. aw Kopi Beras Sumber Asin

Jenis Pengemas	Penyimpanan Minggu Ke-					
	0	3	6	9	12	15
Karung Plastik	0,87	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87
Karung Goni	0,87	0,895	0,88	0,89	0,895	0,9
Bek Plastik	0,87	0,895	0,85	0,835	0,83	0,87
Kantung Polibag	0,87	0,8	0,83	0,83	0,83	0,825

Lampiran 4; Suhu dan RH Gudang dan lingkungan Minggu Ke-0, 3, dan 6

Gudang konvensional				Lingkungan		
Tk ping 25,71	Tb ping 24,37	rh 88,21		Tk lingk 24,8	Tb lingk 23,71	rh 92,92
Tk med 25,31	Tb med 24,13	rh 90,06		Tk lingk 24,98	Tb lingk 23,5	rh 90,74
Tk teng 25,71	Tb teng 24,57	rh 90,57				
Rata-rata Tk 25,58	Tb 24,36	rh 88,6		Rata-rata Tk lingk 24,89	Tb lingk 23,61	rh 91,85
Gudang konvensional				Lingkungan		
Tk ping 25,71	Tb ping 23,37	rh 87,21		Tk lingk 24,88	Tb lingk 23,7	rh 92,96
Tk med 25,31	Tb med 23,13	rh 88,06		Tk lingk 24,9	Tb lingk 23,51	rh 90,74
Tk teng 25,71	Tb teng 23,57	rh 88,57				
Rata-rata Tk 25,58	Tb 23,36	rh 87,94		Rata-rata Tk 24,89	Tb 24,6	rh 91,85
Gudang konvensional				Lingkungan		
Tk ping 27,72	Tb ping 25,68	rh 83,73		Tk lingk 26,86	Tb lingk 25,44	rh 87,32
Tk med 27,3	Tb med 25,44	rh 83,08		Tk lingk 26,19	Tb lingk 24,72	rh 86,82
Tk teng 27,7	Tb teng 25,58	rh 83,71				
Rata-rata Tk 27,57	Tb 25,57	rh 83,5		Rata-rata Tk 26,53	Tb 25,08	rh 87,08

Lampiran 5: Suhu dan RH gudang Dan Lingkungan Minggu Ke-9,12 dan 15

Gudang konvensional			Lingkungan		
Tk ping 26,72	Tb ping 24,68	rh 85,78	Tk lingk 25,86	Tb lingk 24,44	rh 88,32
Tk med 26,3	Tb med 24,44	rh 84,57	Tk lingk 25,19	Tb lingk 23,72	rh 87,8
Tk teng 26,7	Tb teng 24,58	rh 85,71			
Rata-rata Tk 26,57	Tb 24,57	rh 85,35	Rata-rata Tk 25,53	Tb 24,08	rh 88,08
Gudang konvensional			Lingkungan		
Tk ping 24,72	Tb ping 22,68	rh 89,58	Tk lingk 23,91	Tb lingk 22,81	rh 95,97
Tk med 24,3	Tb med 22,44	rh 88,37	Tk lingk 23,74	Tb lingk 22,63	rh 95,8
Tk teng 24,7	Tb teng 22,58	rh 87,57			
Rata-rata Tk 24,57	Tb 22,57	rh 88,5	Rata-rata Tk 23,82	Tb 22,72	rh 95,88
Gudang konvensional			Lingkungan		
Tk ping 25,72	Tb ping 23,68	rh 87,58	Tk lingk 24,86	Tb lingk 23,44	rh 93,33
Tk med 25,3	Tb med 23,44	rh 86,97	Tk lingk 24,19	Tb lingk 22,72	rh 92,82
Tk teng 25,7	Tb teng 23,58	rh 87,71			
Rata-rata Tk 25,57	Tb 23,57	rh 87,42	Rata-rata Tk 24,53	Tb 23,08	rh 93,08