

HAND-OUT MATAKULIAH
**MIKROBIOLOGI PANGAN
DAN PANGAN**

WAHIDAH MAHANANI RAHAYU, S.T.P., M.Sc.
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN



**MIKROBIOLOGI PANGAN DAN PENGOLAHAN:
PENGAWETAN MAKANAN MENGGUNAKAN SUHU
TINGGI**

bacteria

WAHIDAH MAHANANI R., S.T.P., M.Sc.

TEKNOLOGI PANGAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN



TUJUAN

- Mempelajari:
 - Prinsip-prinsip ilmiah dalam **pengolahan pangan menggunakan suhu tinggi**/*thermal processing* → kecukupan panas pada pasteurisasi dan sterilisasi
 - Istilah-istilah yang digunakan dalam pengawetan pangan menggunakan suhu tinggi/*thermal preservation*
 - Pengemasan pangan yang diawetkan pada suhu tinggi



LATAR BELAKANG

- **ANGKA KEMATIAN** akibat pangan terkontaminasi

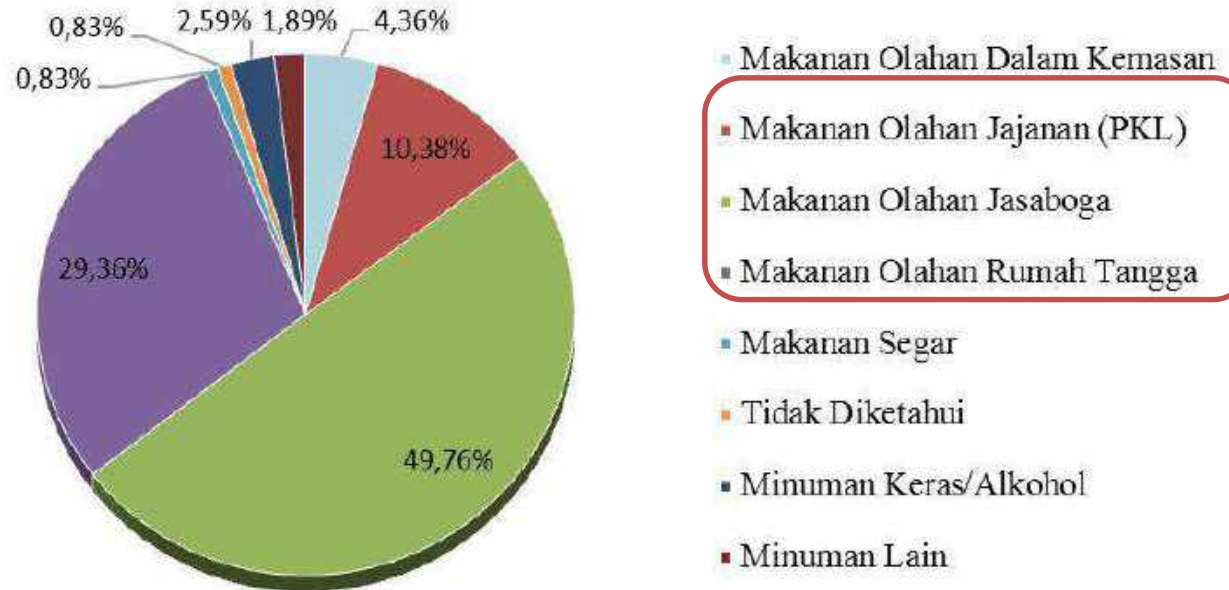
Tabel 1. Distribusi Insiden Keracunan Berdasarkan Kelompok Penyebab (Juli-September 2017)

No	Kelompok Penyebab Keracunan	Jumlah Insiden	Persentase (%)	Korban	Korban Meninggal
1	Campuran	2	5,13	22	3
2	Makanan	27	69,2	810	3
3	Minuman	3	7,69	38	3
4	Obat	1	2,56	12	0
5	Pencemar Lingkungan	4	10,3	18	18
6	Pestisida	1	2,56	4	2
7	Tumbuhan	1	2,56	4	0
	Grand Total	39	100	908	29

LATAR BELAKANG

• PENYEBAB

**Grafik Insiden Keracunan Pangan pada Media Massa *Online*
Juli-September 2017**



- olahan jasaboga → 9 insiden, 422 korban,
- olahan rumah tangga → 8 insiden, 249 korban → 1 meninggal dunia,
- olahan jajanan (PKL) → 6 insiden, 88 orang korban
- olahan dalam kemasan → 2 insiden, 37 orang korban,
- Pangan segar → 1 insiden, 7 korban, 1 orang meninggal dunia



LATAR BELAKANG

INFEKSI

Bakteri patogen → menginfeksi melalui pangan yang dikonsumsi.

Penyebab sakit → masuknya bakteri patogen ke dalam tubuh melalui konsumsi pangan yang telah tercemar bakteri.

Untuk menyebabkan penyakit, jumlah bakteri yang tertelan harus memadai → dosis infeksi.

INTOKSIKASI

Keracunan pangan → disebabkan toksin bakteri patogen

Bakteri tumbuh pada pangan lalu memproduksi toksin.

Jika pangan ditelan → toksin menyebabkan gejala, bukan disebabkan bakterinya

LATAR BELAKANG

INFEKSI

Salmonella typhii → sakit tipus

Clostridium perfringens → di usus
→ enterotoksin

*Eschericia coli, Yersinia
enterocolitica*

Listeria monocytogenes → listeriosis yang dapat
membahayakan dan bersifat fatal → beresiko
tinggi pada wanita hamil dan janin → meningitis

INTOKSIKASI

Bacillus cereus → toksin penyebab diare
dan toksin penyebab muntah (emesis)

Campylobacter jejuni → hewan dan
unggas, air yang terkontaminasi, dan
hewan yang terinfeksi. →
campylobacterosis

Clostridium botulinum → daging → makanan kalengan

- ❑ Toksin → sindrom muntah → resisten terhadap panas dan pemanasan berulang → Tahan proses penggorengan
- ❑ Toksin sindrom diare → Pemanasan suhu 80°C selama 30 menit cukup untuk merusak toksin.
- ❑ Sedangkan spora bersifat resisten terhadap suhu pemanasan normal dan dapat bertahan hidup dalam pengeringan dan pembekuan.



Pengawetan dengan pemanasan → Thermal Preservation/processing of Foods

- Adalah **proses terkontrol (suhu dan waktu)** berupa:
 - Blanching
 - Pasteurisasi
 - Sterilisasi komersial
- ↓
- Suhu makin tinggi
- Tujuan → inaktivasi mikrobia penyebab pembusukan dan penyebab penyakit
 - Inaktivasi enzim atau toksin dari mikrobia penyebab kerusakan pangan



PENGAWETAN SUHU MENENGAH → BLANCHING

- Karakteristik: proses pemanasan suhu “rendah”
 - Mencilupkan buah atau sayuran ke dalam air mendidih dalam kurun waktu tertentu atau pengukusan singkat
 - (2 detik hingga 2-3 menit)
 - Pengukusan brokoli → mempertahankan kadar vitamin C dan membunuh ulat





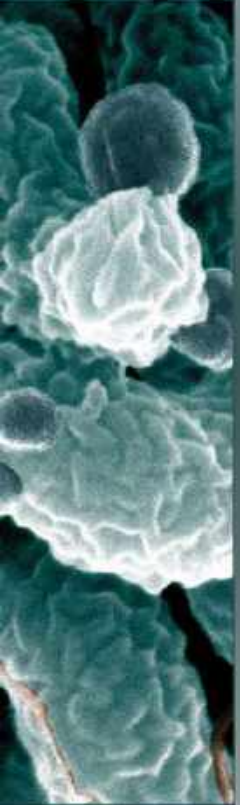
PENGAWETAN SUHU MENENGAH → BLANCHING

- Efek pengawetan :
 - INAKTIVASI enzim endogen yang dihasilkan mikrobia
 - Penghilangan oksigen dan gas-gas lain → mengurangi tekanan pada dinding sel atau jaringan
 - MEMPERLAMAKAN masa simpan
 - Menjadi pre-treatment atau perlakuan pendahuluan yang membantu proses pengawetan metode lain
→ Pengalengan dan pembekuan

PENGAWETAN SUHU TINGGI

Penggunaan suhu tinggi dalam pengawetan makanan → digolongkan menjadi 2 kategori:

pasteurisasi dan sterilisasi





PASTEURISASI

- Penggunaan panas untuk mendestruksi semua mikroorganismenya patogen atau pembusuk pada bahan makanan tertentu.

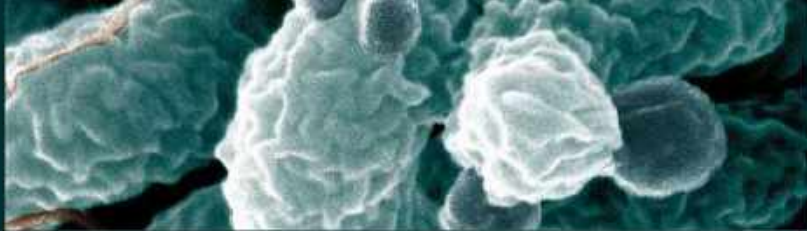
- Pada produk susu:
 1. High Temperature Short Time (HTST) → 161°F (72°C) - 15 detik
 2. Low Temperature Long Time (LTLT) → 145°F (63°C) – 30 menit
 3. **Ultra High Temperature (UHT)**
135 - 150 °C – 2-3 detik;
lalu segera didinginkan sampai 4-5 °C





PASTEURISASI

- Mampu menghancurkan mikroorganisme patogen tahan panas dan tidak membentuk spora → *Mycobacterium tuberculosis* dan *Coxiella burnetti*.
- Mampu menghancurkan yeast, jamur, dan bakteri gram negatif dan sebagian besar bakteri gram positif.
- Dalam produk susu, klasifikasi mikroorganisme → berdasar ketahanan terhadap panas → thermoduric dan thermophilic



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

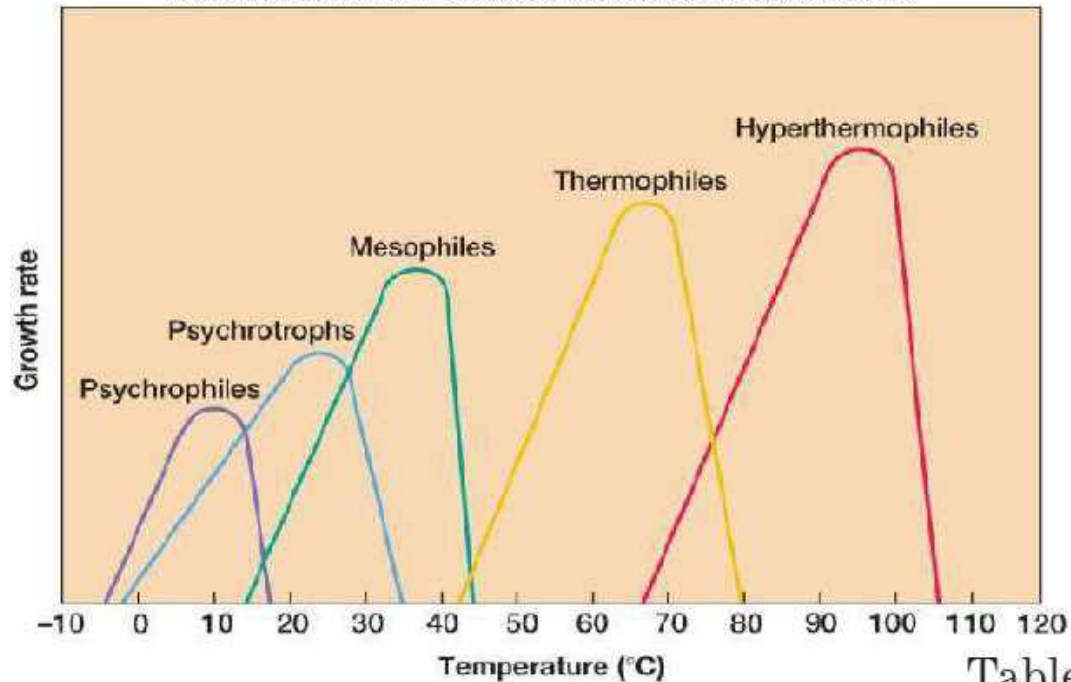


Table: Growth Temperatures (°C) for Microbial Growth

Group	Min.	Opt.	Max.
Thermophiles	40	55	75
Mesophiles	5	37	45
Psychotrophs	-3	20	30



PASTEURISASI

- Mikroorganisme thermoduric → tahan pemanasan tinggi tetapi tidak dapat tumbuh pada suhu tersebut.
Contoh: *Streptococcus* dan *Lactobacillus*
- Mikroorganisme thermophilic → mikroorganisme tahan suhu tinggi DAN perlu suhu tinggi untuk pertumbuhan dan aktivitasnya.
Contoh: genera *Bacillus* dan *Clostridium*

Why??



PASTEURISASI

- Mikroorganisme thermophilic punya komponen yang stabil terhadap pemanasan seperti:
 - ✓ *thermostable enzymes*
 - ✓ *thermostable ribosomes*
 - ✓ *thermostable flagella*



STERILISASI

- Sterilisasi adalah destruksi terhadap seluruh organisme yang hidup (*viable*) yang bisa diukur dengan teknik *plating* atau teknik enumerasi yang sesuai.

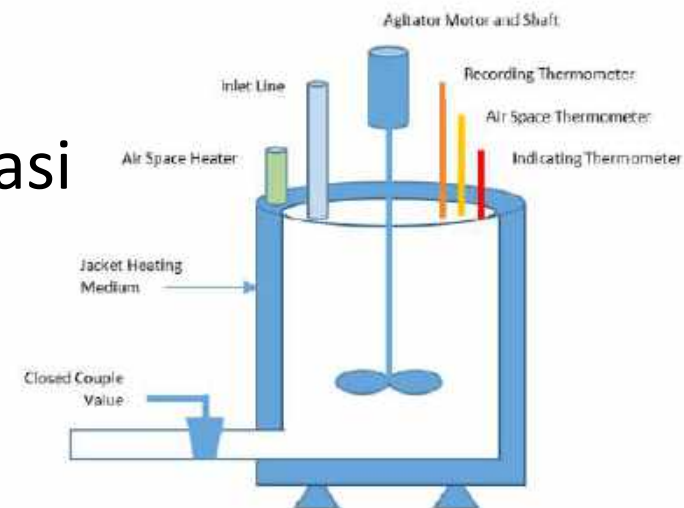




STERILISASI

➤ Faktor yang mempengaruhi sterilisasi pangan antara lain:

- Jumlah dan jenis m.o.
- Ukuran container
- Reaksi atau pH bahan
- Jumlah kadar air awal
- Kemudahan transfer panas
- Agitasi/pengadukan selama sterilisasi
- Volume
- Komposisi bahan





Sterilisasi produk pangan → pengalengan

- - Alat
 - Retort/autoclave/sterilizer: bejana tertutup yang tahan terhadap tekanan tinggi yang ditimbulkan oleh uap.
 - Sumber uap: boiler atau steam generator
 - Jenis: vertikal atau horizontal, continuous atau still
 - Kelengkapan retort: pencatat suhu, steam inlet, steam spreader, manometer, bleeders, vent, petunjuk proses, petunjuk operasional, dokumentasi
- Pelaksanaan operasi retort
 - Pemeriksaan awal dan pemuatan kaleng ke dalam retort
 - Pemanasan, termasuk venting
 - Proses sterilisasi
 - Pendinginan





- **Makanan kaleng sering disebut steril komersial**
- Makanan telah mengalami pemanasan, bebas dari mikrobia hidup yang dapat membahayakan kesehatan manusia
- mikrobia yang tidak membahayakan kesehatan tidak dapat berkembang biak pada penyimpanan normal tanpa pendingin
- Mikrobia hidup: bakteri, khamir, dan kapang dan mikrobia lain, termasuk bentuk vegetatif maupun spora.



Stabilitas dan keamanan tergantung dari:

1. efisiensi penutupan kaleng
2. efisiensi proses sterilisasi

Tujuan utama proses panas: menghasilkan makanan kaleng yang "steril komersial"

- Tergantung pada pH bahan

- Contoh:

buah-buahan (pH < 4,5) suhu 200 °F (93°C)

daging, ikan, sayur sayuran (pH > 4,5) suhu 116-121 °C



- Proses pengalengan → Merupakan cara pengawetan bahan pangan dalam wadah yang hermetic dan disterilkan dengan panas.
- Tahapan:
 1. persiapan bahan mentah
 2. Blanching
 3. pengisian bahan ke dalam kemasan
 4. Pengisian larutan media
 5. Penghampaan udara
 6. Proses sterilisasi
 7. Pendinginan
 8. Penyimpanan



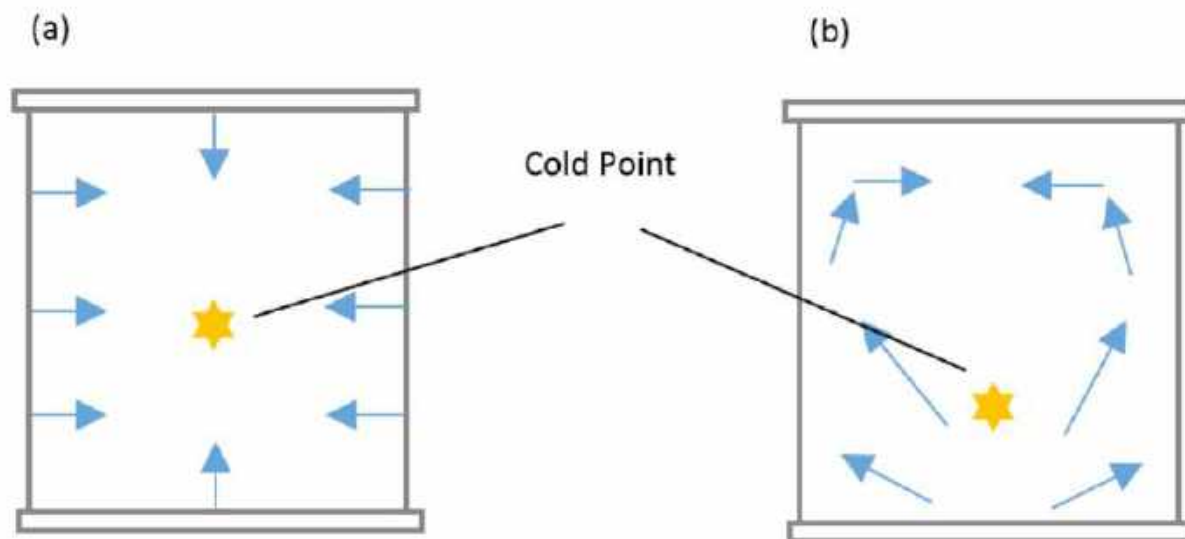
Hal-hal yang perlu dipahami:

- jenis dan kondisi bahan yang akan diproses, ukuran kaleng, tahap-tahap pengalengan, sumber kontaminasi, jenis kontaminasi, lingkungan hidup, daya tahan kontaminan terhadap panas
- Alat pengukur suhu: termokopel Penetrasi panas
- kecepatan penetrasi panas diketahui melalui heat penetration test
- letak titik terdingin (coldest spot): tergantung jenis perambatan panas:
 - konduksi: titik tengah geometrik kaleng
 - konveksi: bagian dasar pada pusat kaleng ($1/10$ tinggi sumbu kaleng)



Hasil pengukuran suhu:

- pengukuran suhu harus dilakukan minimal 4 replika kaleng (bila variasi besar: 8-10 buah)
- data dari pengamatan suhu pada titik terdingin dapat digunakan untuk menghitung efisiensi proses pemanasan





Kerusakan produk pangan kalengan

- Penyebab kerusakan
 - kesalahan pengolahan
 - kebocoran kaleng
 - kerusakan non bakteriologi: hidrogen swell, reaksi Maillard
 - penyimpanan di atas 40-45 °C
- Jenis kerusakan dan mikrobia penyebab
 - a. produk berasam-rendah
 - bakteri termofil
 - bakteri mesofil
 - b. produk berasam tinggi
 - bakteri pembentuk spora mesofil atau termofil



Kondisi kaleng





Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan panas mikroorganisme

1. Air

- Ketahanan terhadap panas suatu mikroorganisme meningkat dengan turunnya kelembaban atau kadar air
- Denaturasi protein merupakan salah satu mekanisme kematian sel oleh panas

2. Lemak

- Ketahanan terhadap panas secara umum meningkat dengan adanya lemak
- Asam lemak rantai panjang melindungi *C. botulinum* terhadap panas dibandingkan dengan asam lemak rantai pendek.



Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan panas mikroorganisme

3. Karbohidrat

- Adanya gula meningkatkan ketahanan panas mikroorganisme
- Hal ini disebabkan penurunan a_w

4. pH

- Mikroorganisme sangat resisten terhadap panas pada pH optimum untuk pertumbuhannya.
- Pada pH di atas atau di bawah nilai optimumnya, ketahanan terhadap panas turun.



Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan panas mikroorganisme

5. Protein dan substrat lain

- Protein dalam medium melindungi mikroorganisme terhadap panas.
- Derajat pemanasan makanan kaya protein perlu lebih tinggi dibandingkan dengan makanan rendah protein untuk mendapatkan hasil yang setara.
- Adanya partikel koloid dalam medium pemanas juga melindungi sel terhadap pemanasan.



Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan panas mikroorganisme

6. jumlah dan umur/fase mikrobial

- Semakin besar jumlah mikrobial, semakin tinggi pula ketahanannya terhadap pemanasan.
- Sel bakteri paling tahan terhadap pemanasan pada fase stasioner
- Pada fase logaritmik sel tidak tahan terhadap pemanasan.
- Pada permulaan fase lag sel dilaporkan tahan terhadap pemanasan
- Spora bakteri yang tua lebih tahan terhadap panas dibandingkan spora muda
- Mekanisme ketahanan panas dari sel yang kurang aktif belum sepenuhnya diketahui.



Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan panas mikroorganisme

7. Komponen inhibitor

- Ketahanan terhadap panas turun dengan adanya inhibitor Misalnya : antibiotik, SO₂, nitrit, dll.
- Inhibitor ditambahkan pada bahan makanan untuk mengurangi penggunaan panas.

8. Waktu dan suhu

- Penambahan waktu pemanasan tidak selalu meningkatkan efek destruksi sel.
- Semakin tinggi suhu pemanasan, semakin besar pengaruhnya terhadap,destruksi sel.
- Ukuran kontainer dan komposisinya (gelas, logam, plastik, dll) mempengaruhi efektivitas pemanasan



Ketahanan Mikroorganisme Terhadap Panas

- Ketahanan mikroorganisme berhubungan dengan suhu pertumbuhan optimum
- Mikroorganisme psychrophilic paling sensitif terhadap panas, diikuti m.o. mesophilic dan thermophilic.
- Mikrobial pembentuk spora lebih resisten dibanding m.o. yang tidak membentuk spora.
- Bakteri gram positif lebih resisten terhadap panas dibandingkan dengan gram negatif.
- Secara umum *cocci* lebih tahan dibandingkan dengan *rod* yang tidak membentuk spora.
- Yeast dan jamur cenderung lebih sensitif terhadap panas.



Ketahanan Mikroorganisme Terhadap Panas

- Endospora tidak hanya resisten terhadap panas, tetapi juga terhadap pengeringan, pendinginan, bahan kimia, dan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan lainnya.
- Penambahan *chelating agent* menurunkan resistensi endospora terhadap panas.
- Penambahan Ca dan Mn dapat mengembalikan daya tahannya terhadap panas.



Destruksi Thermal Mikroorganisme

Untuk tahu seberapa kerusakan mikroorganisme oleh panas dalam pengawetan makanan, perlu diketahui konsep dasar dan istilah/terminology berikut ini:

- *Thermal Death Time (TDT)* → TDT adalah waktu yang diperlukan untuk membunuh sejumlah mikroorganisme pada suhu tertentu → F
- *Thermal death point (TDP)* → suhu yang diperlukan untuk membunuh sejumlah mikroorganisme pada waktu tertentu, biasanya 10 menit.



MAKSUDNYA??

Kalau kita manasin suatu bahan di suhu dan waktu tertentu, sebenarnya seberapa banyak mikrobia yang bisa dibunuh?

KALAU kita tahu jumlah mikrobianya sejumlah ini nih...berapa lama bahan pangan musti dipanasin?

Berapa suhunya?

Biar bisa ngitung, kita musti PAHAM dulu beberapa hal berikut

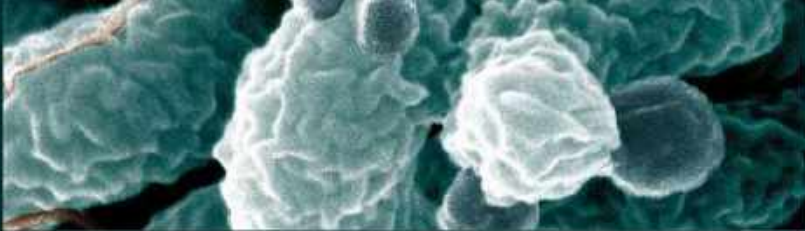


1. Siklus Logaritma

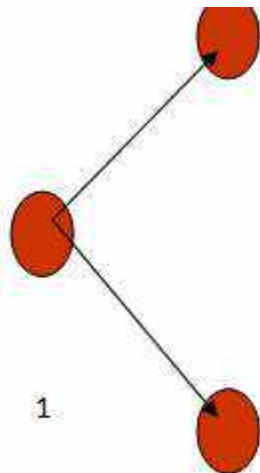
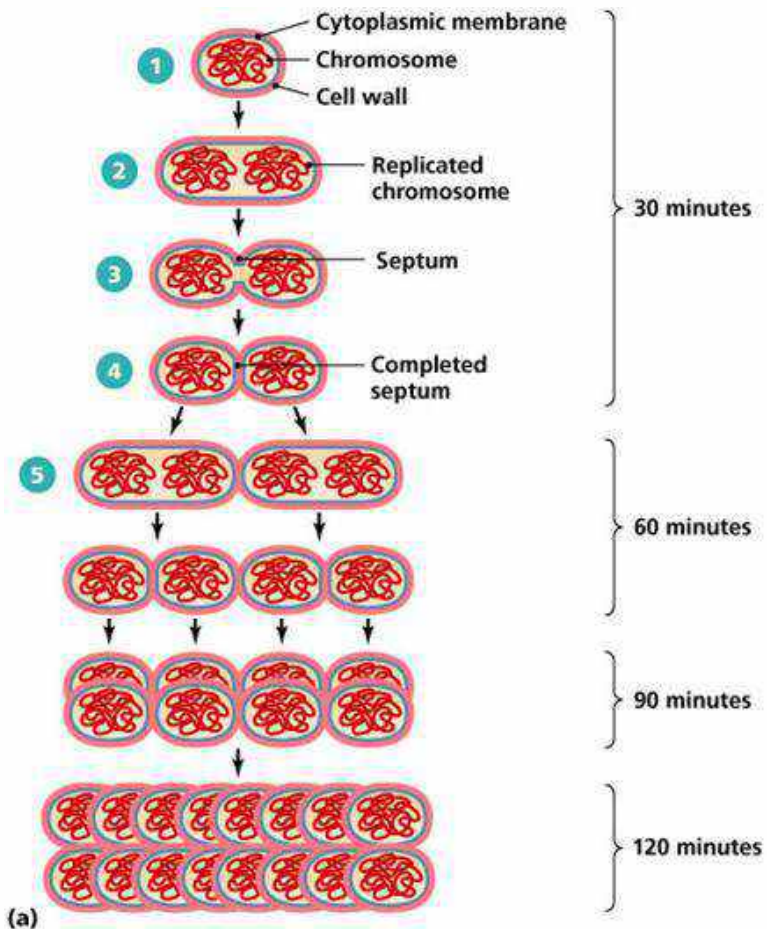
- Penurunan jumlah mikroba atau siklus logaritma penurunan mikroba (S) dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$S = \log \frac{N_o}{N_t}$$

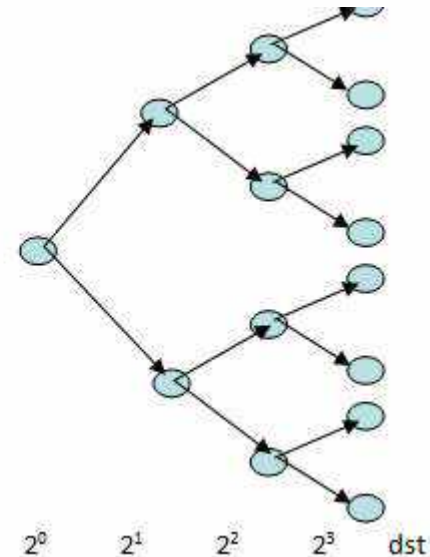
dimana N_t adalah jumlah populasi mikroba setelah proses termal t menit dan N_o adalah jumlah populasi mikroba sebelum proses termal.



Kenapa sih Logaritma?



RINFR



Generation Number	Number of Cells	\log_{10} of Number of Cells
0	1	0
5 (2^5) =	32	1.51
10 (2^{10}) =	1,024	3.01
15 (2^{15}) =	32,768	4.52
16 (2^{16}) =	65,536	4.82
17 (2^{17}) =	131,072	5.12
18 (2^{18}) =	262,144	5.42
19 (2^{19}) =	524,288	5.72
20 (2^{20}) =	1,048,576	6.02



Siklus Logaritma

- Penurunan 1 siklus log \rightarrow penurunan jumlah m.o. sebanyak 1 logaritma alias 1 pangkat alias **penurunan 90% jumlah mikrobial**.
- MISAL:
- Dari 10^5 ke 10^4 artinya, dari 100.000 jadi tinggal 10.000 (inaktivasi 90%, sisa 10%)
- Dari 10^4 ke 10^3 \rightarrow Dari 10.000 jadi 1000 (inaktivasi 90%nya, sisa 10%)
- Dari 10^3 ke 10^2 \rightarrow Dari 1000 jadi 100 (inaktivasi 90%, sisa 10%)
- Intinya, turun 1 log cycle itu dari sejumlah berapa, **jadi tinggal 10%nya**.



Siklus Logaritma

- Berapa jumlah siklus logaritma untuk menurunkan mikrobia dari 10^7 cfu/ml menjadi 10^1 cfu/ml?

$$S = \log \frac{N_o}{N_t} = \log \frac{10^7}{10^1} = 6$$

Angka S menunjukkan berapa siklus logaritmik/ log cycle penurunan jumlah mikrobia. Kalau kita mau tahu berapa siklus logaritmik mikrobia yg mau diinaktivasi.. nah gini ngitungnya... Dari sejumlah berapa mau diturunkan jadi berapa.



Parameter Kecukupan Proses Termal/Destruksi Thermal Mikroorganisme

- Nilai D (*Decimal reduction time*)
 - Nilai D adalah jumlah waktu (***dalam menit***) pada suatu suhu tertentu yang diperlukan untuk membunuh 90% populasi mikrobia yang ada.
 - Nilai D juga dikenal sebagai "laju kematian konstant" atau konstanta laju kematian atau *decimal reduction time*.



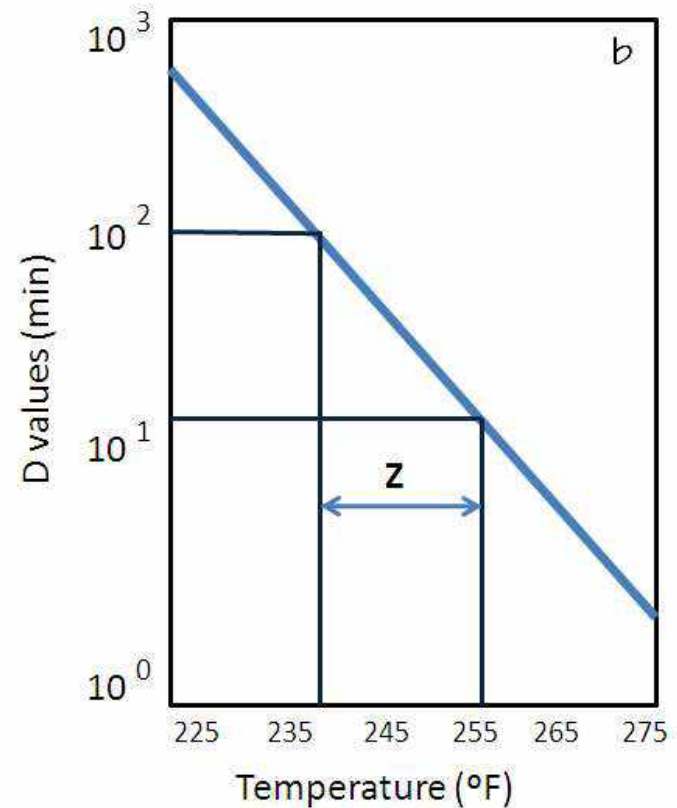
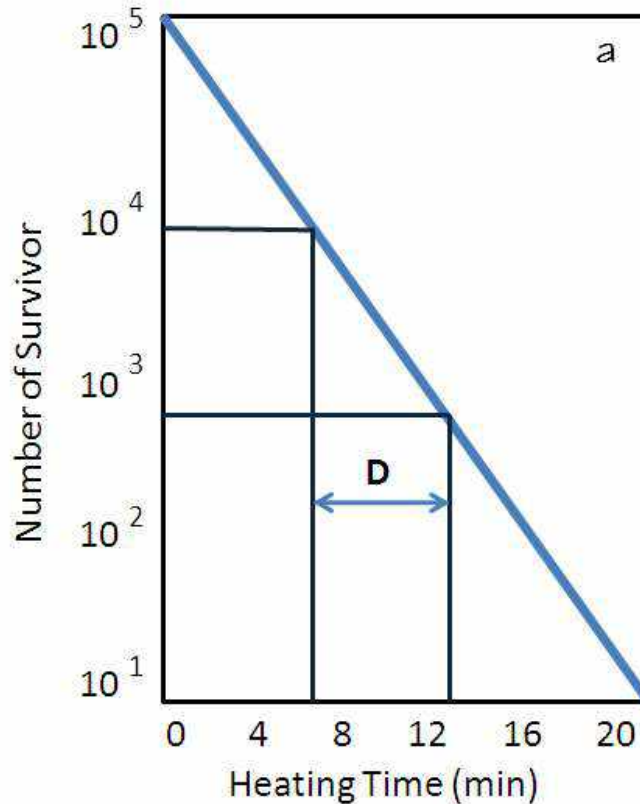
Destruksi Thermal Mikroorganisme

- Nilai Z
 - Nilai Z adalah derajat (Fahrenheit) yang diperlukan oleh kurva destruksi thermal untuk menurunkan satu siklus log).
 - Nilai Z diperoleh dari kurva yang diplot pada kertas semilog dengan ordinal nilai D, sedangkan absisnya adalah suhu dalam derajat Fahrenheit.
 - Secara matematis Z merupakan $1/\text{slope}$ dari kurva TDT



Destruksi Thermal Mikroorganisme

What do these charts tell you?





Destruksi Thermal Mikroorganisme

- **Nilai Sterilisasi/Pasteurisasi (Nilai Fo)**
 - waktu (biasanya dalam menit) yang dibutuhkan untuk membunuh mikroba target hingga mencapai level tertentu pada suhu tertentu.
 - Nilai Fo biasanya menyatakan waktu proses pada suhu standar. Misalnya, suhu standar dalam proses sterilisasi adalah 121.1°C (250°F), sehingga nilai Fo sterilisasi menunjukkan waktu sterilisasi pada suhu standar 121.1°C.
 - Nilai F tergantung pada suhu proses dan nilai Z.

$$F = D (\log a - \log b)$$

Ket. : a = jumlah mikrobia awal

b = jumlah mikrobia akhir

D = jumlah waktu pada suhu tertentu untuk membunuh 90% populasi mikrobia yang ada.



Destruksi Thermal Mikroorganisme

- Secara matematis, nilai F_0 merupakan hasil perkalian antara nilai D_0 pada suhu standar dengan jumlah siklus logaritmik (S) yang diinginkan dalam proses. Nilai D_0 harus dinyatakan juga pada suhu standar yang sama.

$$F_0 = S \cdot D_0$$

Nilai F pada suhu lain (misalnya pada suhu proses yang digunakan) dinyatakan dengan nilai F_T . Secara matematis, nilai F_T dinyatakan dengan, dengan nilai D_T adalah pada suhu T yang sama.

$$F_T = S \cdot D_T$$



Destruksi Thermal Mikroorganisme

- Nilai F akan berubah secara logaritmik dengan berubahnya suhu pemanasan. Untuk menghitung nilai F pada suhu lain, maka digunakan rumus berikut:

$$F_T = SD_o 10^{\frac{T_{ref} - T}{Z}} \text{ atau } F_T = F_o 10^{\frac{T_{ref} - T}{Z}}$$

- Dengan menggunakan persamaan tersebut, dapat ditentukan **waktu** yang diperlukan untuk memusnahkan bakteri atau spora target pada suhu pemanasan yang berbeda.



Destruksi Thermal Mikroorganisme

- Hitung nilai sterilisasi (F_0) dari suatu proses termal yang dilakukan pada suhu 121.1°C dengan berdasarkan pada mikroba *C. botulinum* sebagai target. Diketahui nilai D_0 (121.1°C) dan nilai Z dari *C. botulinum* secara berturut-turut adalah 0.25 menit dan 10°C . Proses dilakukan dengan menerapkan 12 siklus logaritmik. Hitung juga nilai F_T bila proses termal dilakukan pada suhu 100°C dan 138°C .

Diketahui : $D_0 = 121.1^\circ\text{C}$; $Z=10^\circ\text{C}$, jumlah siklus logaritma = 12

- Nilai F_0 (suhu standar) adalah : $F_0 = S D_0 = 12 \times 0.25 = 3$ menit
- Nilai F_T (suhu 100°C) bisa dihitung dengan rumus

$$3 \times 10^{\frac{121.1-100}{10}} = 386.5 \text{ menit}$$
$$= 6.44 \text{ jam}$$
$$F_T = S D_0 10^{\frac{T_{ref}-T}{Z}}$$

Table: F-values (per minute) for the temperature range of 100°C to 135°C

°C	F-value	°C	F-value
100	0.0077	118	0.4885
101	0.0097	119	0.6150
102	0.0123	120	0.7746
103	0.0154	121	1
104	0.0194	122	1.2270
105	0.0245	123	1.5446
106	0.0308	124	1.9444
107	0.0489	125	2.4480
108	0.0615	126	3.0817
109	0.0775	127	3.8805
110	0.0975	128	4.8852
111	0.1227	129	6.1501
112	0.1545	130	7.459
113	0.1545	131	9.7466
114	0.1945	132	12.2699
115	0.2449	133	15.4560



Destruksi Thermal Mikroorganisme

- Hitung nilai sterilisasi (F_0) dari suatu proses termal yang dilakukan pada suhu 121.1°C dengan berdasarkan pada mikroba *C. botulinum* sebagai target. Diketahui nilai D_0 (121.1°C) dan nilai Z dari *C. botulinum* secara berturut-turut adalah 0.25 menit dan 10°C . Proses dilakukan dengan menerapkan 12 siklus logaritmik. Hitung juga nilai F_T bila proses termal dilakukan pada suhu 100°C dan 138°C .

Diketahui : $D_0 = 121.1^\circ\text{C}$; $Z=10^\circ\text{C}$, jumlah siklus logaritma = 12

c. Nilai F_T (suhu 138°C) adalah : $F_T = F_0 10^{\frac{T_{ref}-T}{Z}} = 3 * 10^{\frac{121.1-138}{10}} = 0.06 \text{ menit}$
 $= 3.68 \text{ detik}$



Destruksi Thermal Mikroorganisme

- Diperlukan waktu 3 menit untuk membunuh *C. botulinum* pada suhu standar (121.1°C).
- Jika sterilisasi dilakukan pada suhu lebih rendah (**100°C**) → perlu waktu **6.44 jam**,
- Jika dilakukan pada suhu lebih tinggi (**138°C**) → hanya diperlukan **3.68 detik** untuk membunuh *C. botulinum* hingga level sama.
- Proses yang dilakukan pada suhu di bawah 121.1°C → perlu waktu yang sangat lama → sterilisasi umumnya **tidak** dilakukan **di bawah suhu 121.1°C** → lama → kerusakan mutu produk.
- Pada 138°C → hanya butuh sekitar 4 detik untuk mencapai nilai sterilisasi yang diinginkan → Proses sterilisasi susu dengan sistem UHT suhu $135-140^{\circ}\text{C}$ dilakukan di dalam holding tube dengan waktu hanya 4-6 detik.



Yuuk..latihan soal-soal



MICRO

PENGENDALIAN MIKROBIA DENGAN PENGATURAN pH dan ASAM-ASAM ORGANIK

WAHIDAH MAHANANI RAHAYU, S.T.P., M.Sc.

MICRO

- Tujuan utama penggunaan asam lemah untuk mengendalikan pH → di bawah pH 5, sebagian bakteri mati.
- Rentang pH bagi pertumbuhan mikrobial:
 1. Bakteri → antara 4 – 9; pH optimum 6,5 – 7,5.
 2. Jamur - yeast → lebih menyukai pH asam, rentang pH antara 1 – 9 dan pH optimumnya 4 – 6.

MICRO

Nilai pH minimum dan maksimum beberapa jenis mikrobia

Organism	Min.	Max.
<i>E.coli</i>	4.4	9.0
<i>S.typhi</i>	4.5	8.0
<i>Streptococcus lactis</i>	4.3-4.8	
<i>Lactobacillus spp.</i>	3.8-4.4	7.2
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	1.0	9.8
Molds	1.5-2.0	11.0
Yeast	2.5	8.0-8.5

Table 34.2 Minimum pH at which Growth Will Occur

Microorganism	Minimum growth pH	Microorganisms	Minimum growth pH
Gram-negative bacteria		Yeasts	
<i>Escherichia coli</i>	4.4	<i>Candida</i> spp.	1.5–2.3
<i>Pseudomonas</i> spp.	5.6	<i>Saccharomyces</i> spp.	2.1–2.4
<i>Salmonella</i> spp.	4.5	<i>Hansenula</i> spp.	2.1
<i>Vibrio</i> spp.	4.8	<i>Rhodotorula</i> spp.	1.5
<i>Serratia</i> spp.	4.4		
Gram-positive bacteria		Molds	
<i>Bacillus cereus</i>	4.9	<i>Aspergillus</i> spp.	1.6
<i>Bac. stearothermophilus</i>	5.2	<i>Penicillium</i> spp.	1.6–1.9
<i>Clostridium botulinum</i>	4.6	<i>Fusarium</i> spp.	1.8
<i>Clo. perfringens</i>	5.0		
<i>Enterococcus faecalis</i>	4.4		
<i>Lactobacillus</i> spp.	3.8		
<i>Staphylococcus aureus</i>	4.0		
<i>Listeria monocytogenes</i>	4.6		

MICRO

Penggunaan pH untuk mengontrol mikroorganismes dalam makanan

- pH rendah membantu pengawetan:
 - Secara langsung menghambat pertumbuhan mikrobias
 - Menurunkan populasi mikrobias yang resisten terhadap panas dalam makanan yang telah dipanaskan

MICRO

Mekanisme

- Mikrobia cenderung mempertahankan pH internal sitoplasma → 6,5 - 7 utk asidofil; 7,5-8 utk neutrophil
- Adaptasi → Jika pH lingkungan berubah (naik/turun) sebanyak 1 poin → mikrobia menurunkan/menaikkan pH internal sebanyak 0,1 poin → pH penting untuk mempertahankan transport nutrient dan sintesis energi → aktivitas enzimatik

MICRO

Mekanisme

- Jika di lingkungan terdapat asam lemah → asam lemah terdisosiasi → $[H^+]$ meningkat → merusak kesetimbangan gradient proton transmembran
- Sel mentranspor proton melalui pompa proton → *energy depletion* dan penurunan pH internal
- Peningkatan $[H^+]$ di bagian luar sel → merusak ikatan ion makromolekul dinding sel → mengubah struktur 3D, mengubah fungsi

MICRO

Mekanisme

- Asam kuat (HCl & Asam fosfat)
 - pH sangat rendah
 - Biasa digunakan pada minuman berkarbonasi dengan asam fosfat sebagai acidulant
- Asam lipophilik yang lemah
 - adanya kebocoran sel membran oleh ion hidrogen sehingga kondisi dalam sel asam, dan menghambat transport nutrien.
- Ion yang berpotensi sebagai asam
 - Sulfite dan nitrit
 - Bekerja pada pH rendah
- Efektivitas:

asam asetat > asam propionate > asam laktat > asam sitrat

Asam asetat dan asam laktat

- Kedua asam organik ini termasuk di antara bahan pengawet yang paling sering digunakan.
 - a. Aktivitas antimikrobia
 - Aktivitas antimikrobiana dikarenakan kemampuannya menurunkan pH di bawah kisaran pertumbuhan dan terganggunya metabolisme akibat molekul asam yang tidak terdisosiasi.
 - b. Penggunaan
 - Terdapat pada produk-produk fermentasi seperti pickle, sauerkraut, susu fermentasi.
 - Dalam sauerkraut asam laktat harus ada paling sedikit 1,5% dari produk akhirnya.

MICRO

- Asam asetat biasa digunakan sebagai cuka (mengandung 5-10% asam asetat) di dalam acar, salad dressing, saus
- Baik untuk menghambat pertumbuhan bakteri dengan pH optimum 6 ke atas.
- Mekanisme penghambatan mikrobial → menetralkan gradien sel membrane, mendenaturasi protein dinding sel
- Penggunaan 1-2% berat bahan

MICRO

- Asam laktat bisa digunakan sebagai asam maupun sebagai garam (Na-laktat) hingga 2% (v/v) dalam minuman berkarbonasi, salad dressing, asinan sayuran, produk olahan daging yg diproses dengan suhu rendah (di bawah 100°C) dan saus
- Kurang efektif dibanding asam asetat, propionate, benzoat, dan sorbat, tapi lebih efektif daripada sitrat
- Mekanisme antimikrobia: menetralkan muatan dinding sel

MICRO

Asam propionat

- Digunakan sebanyak 1000-2000 ppm (0,1 – 0,2%) dalam bread, bakery product, keju, jam, jelly, saus tomat
- Efektif pada sebagian besar jamur dan bakteri, tetapi kurang efektif pada yeast
- Mekanisme antimikrobia: penurunan pH sitoplasma & destabilisasi gradient proton membrane sel

MICRO

Asam sorbat

- Digunakan pada produk permen, mayonais, olesan roti (spread), salad dressing sebanyak 500-2000 ppm (0,05 – 0,2%)
- Efektif pada jamur & yeast daripada bakteri.
- Lebih efektif pada bakteri aerobik daripada anaerob
- Mekanisme antimikrobia: merusak enzim mikrobial, terutama yg berperan dlm TCA cycle, merusak mekanisme pembentukan dinding sel, pembentukan protein, RNA, DNA
- Dapat juga menghambat pembentukan spora

MICRO

Asam sitrat

- Digunakan pada jam, jeli, keju, sayur kalengan, saus, sebanyak sekitar 1%
- Masih kurang efektif daripada asam laktat thd yeast, jamur, dan bakteri
- Mekanisme antimikrobia: mengikat kation divalent pada dinding sel.

MICRO

Asam benzoat

- Digunakan sebagai asam maupun garam (Na-benzoate) pada rentang 500 – 2000 ppm pada berbagai produk permen, sambal dalam kemasan, kecap, mayones, keju
- Lebih efektif menghambat yeast daripada bakteri
- Mekanisme antimikrobia: menghambat kinerja enzim fosforilasi oksidatif → mengganggu proses TCA cycle, merusak membrane, terutama bagian protein

MICRO

Referensi

- Corlett, JR.,D.A. dan M.H. Brown. 1980. pH and Acidity. In-Microbial Ecology of Foods. Academic Press, Inc. London.
- Jay, J.M. 1970. Modern Food Microbiology. Litton Educational Publishing, Inc.

PENGENDALIAN MIKROBIA DENGAN PENGENDALIAN AKTIVITAS AIR (A_w)

Aktivitas air (A_w) vs Aktivitas mikroorganisme

Matakuliah Mikrobiologi Pangan dan Pengolahan
WAHIDAH MAHANANI RAHAYU, S.T.P., M.Sc.
TEKNOLOGI PANGAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN





Konten

- Air dalam bahan pangan
- Aktivitas air dan kurva sorpsi
- Aktivitas air vs aktivitas mikroorganismen
- Pengawetan pangan dengan pengendalian A_w



Air dalam bahan pangan

- Air bebas →
 - Air terikat
 - Air imbibisi
 - Air kristal
- yaitu air yang terdapat dalam sitoplasma, ruang antar sel, dan semua air yang terlibat dalam proses sirkulasi dalam jaringan bahan,
 - **berpengaruh terhadap proses kerusakan bahan pangan melalui reaksi enzimatik, proses mikrobiologis, biokimiawi**
 - membeku pada suhu 0°C, mudah teruapkan pada 100°C
 - Derajat keterikatan:
 - ❑ tipe IV → tidak terikat dalam jaringan



Air dalam bahan pangan

- Air bebas
- Air terikat →
- Air imbibisi
- Air kristal

yaitu air yang terdapat di sekitar bahan yang bukan bersifat cairan → menunjukkan mobilitas molekuler yang lebih rendah
(Fennema, 1985)

Meyer (1973) → air terikat terbagi menjadi dua:


1. air terikat kuat

air yang berikatan secara kuat pada suatu bahan dan membentuk hidrat dengan bahan tersebut, sukar diuapkan

2. air terikat lemah

→ teradsorpsi pada permukaan makromolekul (protein, lemak, karbohidrat) atau terdispersi di antara makromolekul sebagai pelarut dalam sel

Air dalam bahan pangan

- Air bebas
- Air terikat 
- Air imbibisi
- Air kristal

derajat keterikatan air:

1. tipe I → berikatan sangat kuat, membentuk hidrat, tidak membeku pada proses pembekuan
2. tipe II → membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lain, terdapat dalam mikrokapiler, memiliki sifat seperti air bebas
3. tipe III → secara fisik terikat dalam jaringan matriks bahan seperti membran, mudah diuapkan dan **dapat digunakan untuk pertumbuhan mikrobia** dan sebagai media reaksi kimia dan biokimia

Air dalam bahan pangan

- Air bebas
- Air terikat
- Air imbibisi →
- Air kristal ↓

air yang terikat dalam bahan pangan yang berbentuk kristal
Cth: es

yaitu air yang berasal dari luar bahan yang kemudian masuk ke dalam bahan dan akan menyebabkan pengembangan volume, tetapi air ini tidak merupakan penyusun bahan tersebut. Air tersebut berikatan dengan komponen bahan melalui ikatan hidrogen.

Contoh:

Air yang masuk ke granula pati saat pati dipanaskan dalam air dan terjadi gelatinisasi.

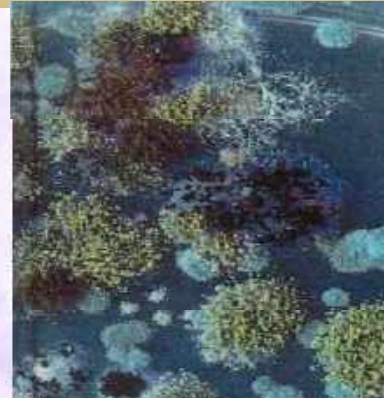
istilah *water-holding capacity* menunjukkan kemampuan makromolekul dalam jaringan bahan untuk mengikat atau memerangkap air → tergantung beberapa faktor, antara lain komposisi garam, pH, dan suhu.


AIR DALAM BAHAN PANGAN



AIR TERIKAT → TIDAK DAPAT DIGUNAKAN UNTUK KEGIATAN FISILOGIS MIKROBIA

AIR BEBAS → DAPAT DIGUNAKAN UNTUK KEGIATAN FISILOGIS MIKROBIA → DIPERLUKAN UNTUK PERTUMBUHAN MIKROBIA





**PENGERINGAN MERUPAKAN CARA PENGAWETAN TERTUA → UNTUK
MENGAWETKAN PANGAN (BIJI-BIJIAN, UMBI, BEBERAPA JENIS BUAH)
AGAR TETAP BISA DIKONSUMSI SAAT BUKAN MUSIMNYA**



**BERKEMBANG UNTUK MENGAWETKAN JENIS PANGAN YANG LAIN (DAGING, IKAN, SUSU), TETAPI
TIDAK DENGAN PENGERINGAN → asinan, fermentasi**



**PENGURANGAN AIR DALAM BAHAN PANGAN DILAKUKAN DENGAN CARA:
PEMEKATAN, PENAMBAHAN BAHAN YANG BISA MENGIKAT AIR (misal: guar gum, pektin)**



**INOVASI DAN “SENI” DALAM MERANCANG PRODUK DAN
PROSES PENGOLAHAN PANGAN**



DRIED FOODS / DEHYDRATED FOODS



Aktivitas Air

- Ada hubungan antara **kadar air dalam bahan pangan dengan kecepatan kerusakannya**
- Bahan pangan menjadi lebih awet apabila sebagian kandungan airnya dihilangkan melalui pengeringan
- Namun, kemudian diketahui bahwa **bahan pangan yang memiliki kadar air yang sama belum tentu memiliki kecepatan kerusakan yang sama**
- Kadar air saja belum cukup menjadi indikator mudah rusaknya suatu bahan pangan
- Disebabkan adanya faktor lain yang berpengaruh → **keterikatan antara molekul air dengan substansi lain dalam bahan.**



Aktivitas Air

- Air yang terikat kuat → tidak bisa digunakan oleh mikrobia untuk pertumbuhan maupun untuk melakukan aktivitas yang merusak bahan pangan.
- Muncul konsep “**aktivitas air**” (A_w) → didefinisikan sebagai tingkat kadar air ketika mikrobia dapat melakukan aktivitas dan pertumbuhannya
- menunjukkan **jumlah air bebas** yang dibutuhkan mikrobia untuk melakukan pertumbuhan

Aktivitas Air

- Air bebas dalam produk → penting dalam pertumbuhan mikroorganisme patogen → bakteri atau jamur penghasil toksin dan senyawa berbahaya lainnya.
- Secara umum, kadar reaksi-reaksi enzimatik dan aktivitas mikrobial meningkat dengan peningkatan A_w

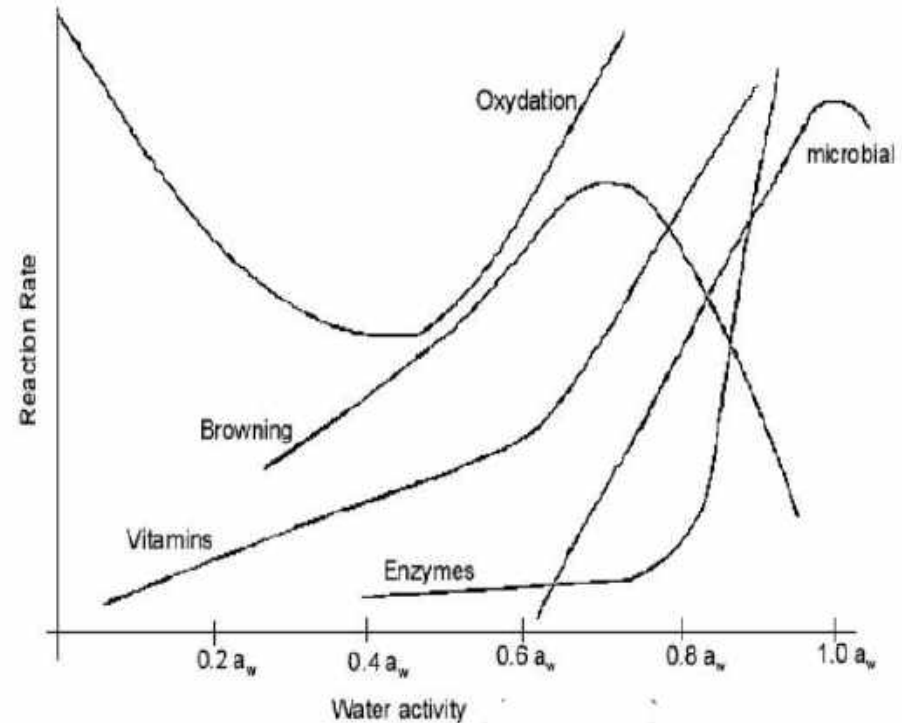


Figure 1. The variation of oxidation, browning, enzyme activity, vitamin inactivation and microbial activity [12, 20].

Aktivitas Air

$$a_w = p / p_0$$

P : tekanan parsial air di permukaan bahan (tekanan uap larutan)

P_0 : tekanan uap air murni di suhu yang sama (tekanan uap pelarut, biasanya air)

$$ERH (\%) = a_w \times 100 \text{ atau } Aw = ERH/100$$

ERH: *equilibrium relative humidity* → kelembaban relatif atau kadar air udara saat terjadi kesetimbangan antara **di dalam dengan di luar bahan pangan**, misal: ERH = 95% → A_w : 0,95

Air terikat kuat TIDAK punya kecenderungan untuk keluar dari bahan pangan sebagai uap air

→ Shg tekanan parsialnya di permukaan bahan (p) mendekati atau = 0

→ Alias zero effective water activity → $A_w \approx 0$





Aktivitas Air

- ❖ ERH → kelembaban relative udara di sekitar bahan pangan ketika produk tsb tidak lagi terjadi pertukaran kelembaban → **tidak menyerap air maupun tidak kehilangan air** → kondisi equilibrium dengan lingkungannya → tercapai titik keseimbangan
- Kalau ERH lingkungan rendah → misal dalam kemasan yang diberi penyerap uap air → A_w bisa menurun
- ❖ Pathogenic microorganisms cannot grow at $a_w < 0.62$.
- ❖ The so-called intermediate moisture foods (IMF) have a_w values in the range of 0.65 - 0.90

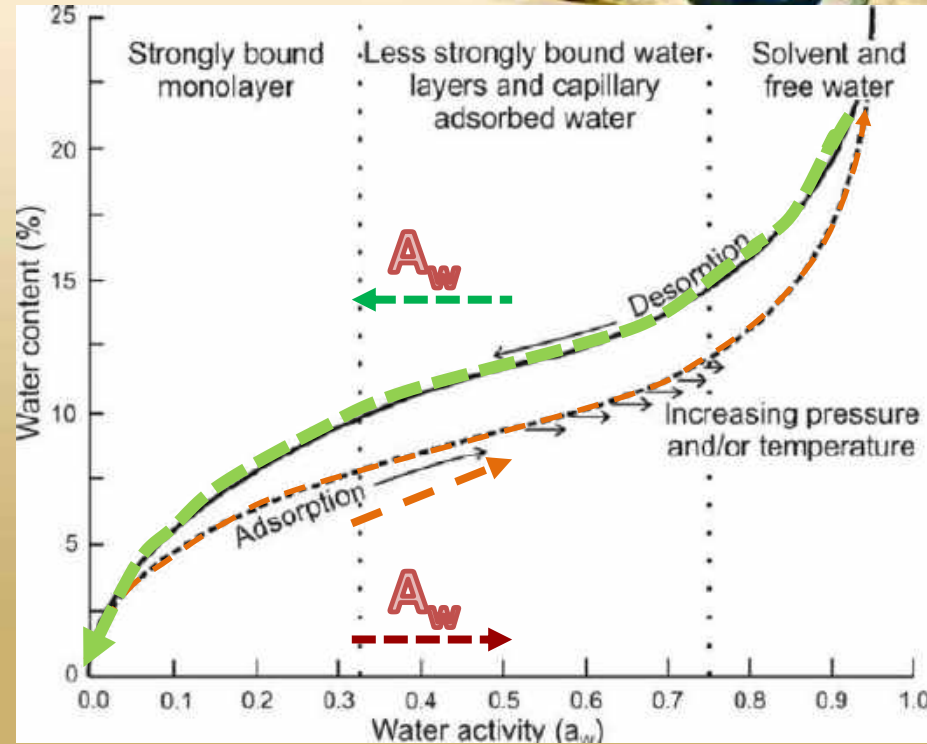


Prinsip Dasar

- Air bebas tinggi \rightarrow Aw tinggi \rightarrow keawetan rendah
Air bebas rendah \rightarrow Aw rendah \rightarrow keawetan tinggi
- Aw menjadi indikator tingkat mudah rusaknya bahan pangan yang lebih baik dibandingkan kadar air,
- Ada juga beberapa hal lain yang berpengaruh dan perlu diperhatikan sebagai faktor kerusakan bahan pangan \rightarrow oksigen, pH, jenis bahan terlarut maupun mobilitas air.

A_w dan kadar air

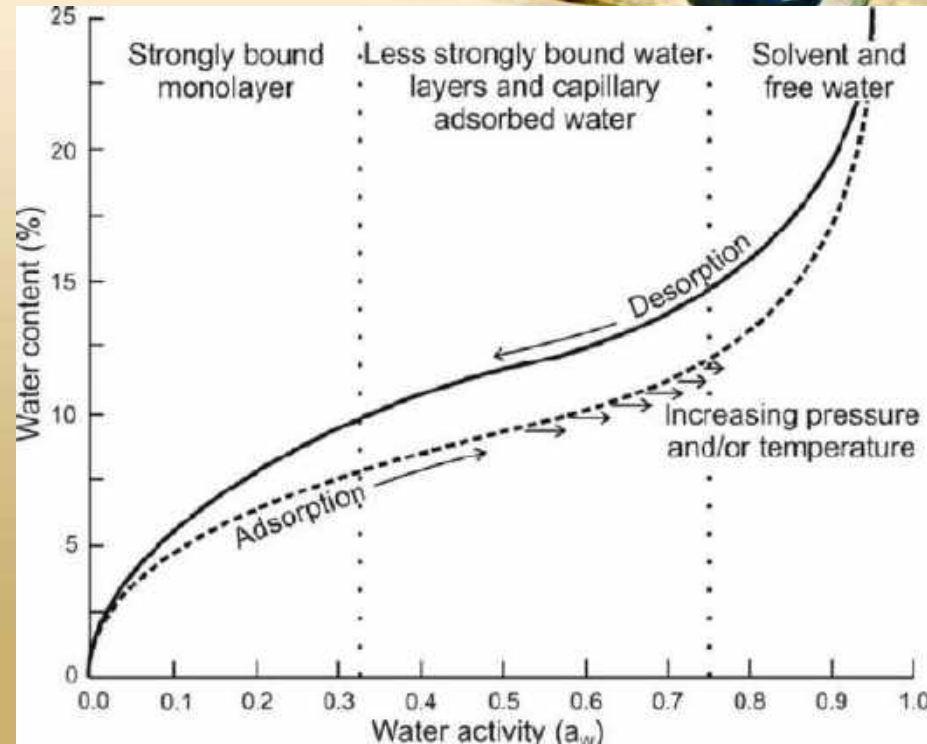
- Kaitan antara A_w dengan kadar air → kurva isotermis (Isoterm Sorpsi Lembab, ISL atau MSI (moisture sorption isotherm) → interelasi antara kadar air suatu bahan dengan nilai A_w pada suhu konstan.
- “*Sorption phenomena*”:
 - **Adsorption** → bahan pangan menyerap air dari luar bahan (produk-produk higroskopis)
 - **Desorption** → air dari bahan ke luar bahan (proses pengeringan)



Bentuk umum kurva A_w

A_w dan kadar air

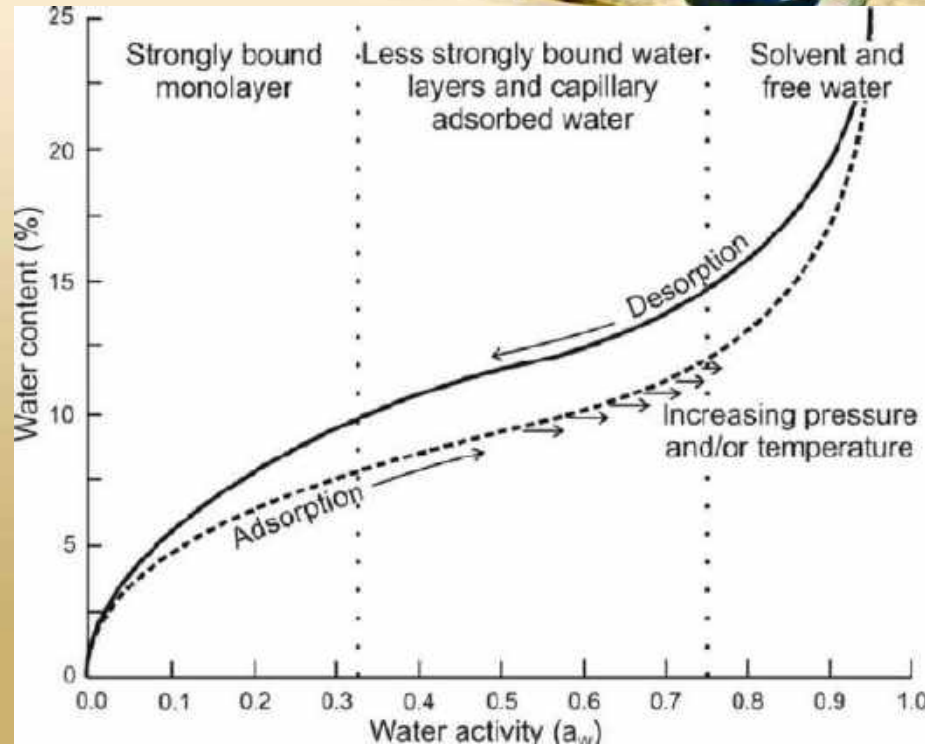
- Ketika aktivitas air rendah, bahan cenderung mengikat air dari lingkungan, sehingga kadar airnya juga naik → Adsorpsi
- Apabila terjadi pengeringan, maka kadar air dan A_w juga berkurang → Desorpsi



Bentuk umum kurva A_w

A_w dan kadar air

- Tiap bahan akan punya kurva ISL yang berbeda → harus dihitung kenaikan kadar air selama penyimpanan vs aktivitas airnya
- Pada bahan yang berbeda, bentuk kurva bisa berbeda, tidak sama persis, tapi bentuk umum kurva seperti di samping →
- kurva isotherm sorpsi air berperan dalam pengeringan makanan → memprediksi masa simpan makanan K_A rendah → mengukur kadar air dan aktivitas air selama penyimpanan **hingga kadar air maksimal yang diizinkan**



$A_w \rightarrow$ pengaruh suhu

- Nilai A_w sangat dipengaruhi suhu \rightarrow suhu yang semakin rendah akan menurunkan tekanan uap air di dalam maupun di luar bahan
- Tetapi penurunan tekanan uap air di permukaan bahan lebih besar dibandingkan dengan turunnya tekanan uap air di dalam bahan \rightarrow penguapan terjadi lebih besar di permukaan bahan \rightarrow sehingga sebagian air dalam bahan akan ke luar \rightarrow menurunkan nilai A_w
- Dengan demikian, bahan pangan yang disimpan pada suhu $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ akan memiliki nilai A_w yang lebih rendah dibandingkan bahan pangan yang sama jika disimpan pada suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ \rightarrow semakin rendah suhu, A_w semakin rendah



$A_w \rightarrow$ pengaruh suhu

- Beberapa hal yang harus diperhatikan pada saat membandingkan nilai A_w suatu bahan di bawah dan di atas suhu beku yaitu:
 - 1) **Di atas suhu beku**, nilai A_w merupakan fungsi dari komposisi bahan (air bebas) dan suhu; tetapi di bawah suhu beku, nilai A_w tidak tergantung pada komposisi bahan dan hanya tergantung pada suhu
 - 2) **Pada nilai A_w yang sama**, maka bahan pangan yang disimpan pada suhu -15°C akan lebih awet dibandingkan pada suhu 20°C
 - 3) Nilai A_w di atas suhu beku tidak dapat digunakan untuk memprediksi nilai A_w bahan yang sama di bawah suhu beku

Water migrates from areas of higher water activity to areas of lower water activity





Pengawetan Pangan dengan Pengendalian Air dalam Bahan

- Salah satu prinsip pengawetan bahan pangan adalah dengan **mengurangi jumlah air bebasnya sampai dengan batas tertentu atau dengan kata lain mengurangi Aw dalam bahan**
- Teknik penurunan Aw dapat dilakukan dengan:
 1. Pengurangan kadar air (pengeringan, penguapan)
 2. Mengubah bentuk (fase) cair menjadi padat (pembekuan)
 3. Amobilisasi air dalam jaringan (misalnya dalam bentuk gel)
 4. Pengikatan air bebas dalam bahan (penambahan gula, garam, atau dengan penambahan pectin, gum, dsb)

KONSENTRASI NaCl DAN SUKROSA PADA BERBAGAI NILAI AKTIVITAS AIR (25°C)

NaCl			sukrosa	
Aw	m	% w/w	m	% (w/w) (Briks)
1.00	0	0	0	0
0,995	0,150	0,88	0,272	8,52
0,990	0,300	1,74	0,534	15,45
0,980	0,607	3,43	1,03	26,07
0,960	1,20	6,57	1,92	39,66
0,940	1,77	9,38	2,72	48,22
0,900	2,83	14,18	4,11	58,45
0,860	3,80	18,18	5,58	65,63
0,820	4,71	21,59		
0,753	6,16	26,5		

Semakin tinggi kadar gula atau garam
→ Semakin banyak Air bebas yang terikat
→ Aw semakin rendah

PENGARUH PENURUNAN AKTIVITAS AIR TERHADAP AKTIVITAS MIKROORGANISM

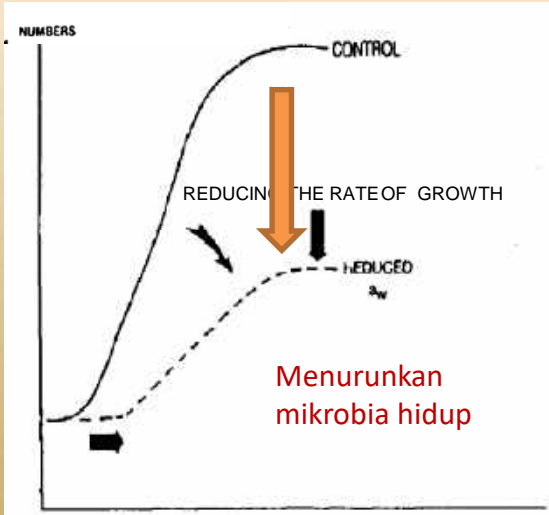
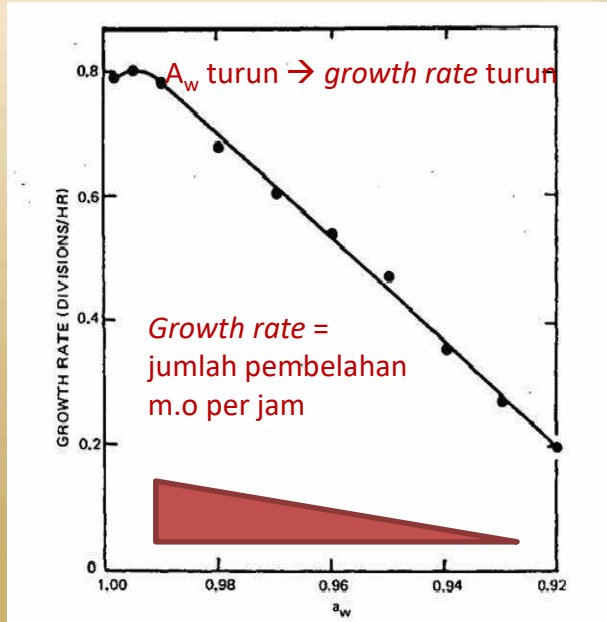


TABLE 5.1 Effect of a_w on Lag Phase^a—*Staphylococcus aureus*

a_w	Lag time (hr)	
	NaCl	Salt mixture (NaCl, Na ₂ SO ₄ , KCl)
0.99	1	1.5
0.97	2	—
0.96	—	2.5
0.94	3.5	4
0.92	8	4
0.90	13	9

^apH 6.8, incubated at 37°C.



Memperlama lag phase →
Memperlama waktu bagi mikrobia untuk membelah diri

Table 1.

Microbial Group	Example	a_w	Products Affected
Normal bacteria	<i>Salmonella species</i> <i>Clostridium botulinum</i>	0.91	Fresh meat, milk
Normal yeast	<i>Torulopsis species</i>	0.88	Fruit juice concentrate
Normal molds	<i>Aspergillus flavus</i>	0.80	Jams, Jellies
Halophilic bacteria	<i>Walleimia sebi</i>	0.75	Honey
Xerophilic molds	<i>Aspergillus echinulatas</i>	0.65	Flour
Osmophillic yeast	<i>Saccharomyces bisporus</i>	0.60	Dried fruits

Microorganism	Minimal a_w for		Toxin	Reference	
	Growth	Toxin production			
Bacteria					
<i>Clostridium botulinum</i>	0.93		type A	Baird-Parker and Freame (1967)	
	0.95		type A	Ohye and Christian (1967)	
		0.94		type A	Kautter et al. (1979)
		0.93		type B	Baird-Parker and Freame (1967)
	0.94	0.94		type B	Ohye and Christian (1967)
		0.94		type B	Kautter et al. (1979)
	0.95		type E	Baird-Parker and Freame (1967)	
	0.97	0.97		type E	Ohye and Christian (1967)
	0.95		type E	Ohye et al. (1967)	
	0.972		type E	Emodi and Lechowich (1969)	
	0.965	0.965		type E	Emodi and Lechowich (1969)
<i>Clostridium perfringens</i>	0.93-0.95			Briozzo et al. (1986)	
	0.95			Kim (1965)	
<i>Bacillus cereus</i>	0.95			Kang et al. (1969)	
	0.93			Scott (1957)	
	0.95			Jakobsen et al. (1972)	
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.86			Raevuori and Genigeorgis (1975)	
	0.86			Scott (1957)	
			<0.90	Enterotoxin A	Marshall et al. (1971)
			0.87	Enterotoxin A	Troller (1972)
		0.97	Enterotoxin B	Lotter and Leistner (1978)	
	0.87			Troller (1971)	
				Notermans and Heuvelman (1983)	
Molds					
<i>Aspergillus flavus</i>	0.78			Ayerst (1969)	
		0.84	afatoxin	Diener and Davis (1970)	
	0.80	0.83-0.87	afatoxin	Northolt et al. (1977)	
<i>A. parasiticus</i>	0.82	0.87	afatoxin	Northolt et al. (1978)	
	0.82			Lotzsch and Trapper (1978)	

Minimal Aw for microbial growth at optimum growth temperature

Microorganisms	aw	Microorganisms	aw
<i>Bacillus cereus</i>	0.95	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0.90
<i>B. steaerothermophilus</i>	0.93	<i>Saccharomyces ruoxii</i>	0.62
<i>Clostridium botulinum</i> type A	0.95	<i>Debaromyces hansenii</i>	0.83
<i>Clo. botulinum</i> type B	0.94		
<i>Clo. botulinum</i> type E	0.97		
<i>Clo. prfringens</i>	0.95		
<i>Echerichia coli</i>	0.95	<i>Rhizopus nigricans</i>	0.93
<i>Salmonella</i> spp	0.95	<i>Penicillium crysogenum</i>	0.79
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.94	<i>Peniillium patulin</i>	0.81
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.86	<i>Aspergillus flavus</i>	0.78
(6.7% NaCl, 39.66% sukrosa)		<i>Aspergillus niger</i>	0.77
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.97	<i>Alternaria citri</i>	0.84
<i>Lactobacillus viridescens</i>	0.94		



Survival Mikroorganisme pada Aw Rendah

- Cara menghambat pertumbuhan sel vegetatif → menurunkan aktivitas air:
 1. Pengeringan,
 2. penambahan garam, gula, atau bahan-bahan lainnya meskipun sebagian mikroorganisme mungkin akan mati selama proses pengeringan
 - Bakteri perlu Aw relatif tinggi → lebih dari 0.90
 - Yeast perlu Aw yang lebih rendah daripada bakteri
 - Kapang/jamur mikro perlu Aw paling rendah
- Pencegahan kerusakan pangan (busuk) → pengaturan Aw di bawah 0.75



Pengawetan Pangan dengan Pengendalian Air dalam Bahan

- Pengendalian air (misal: pengeringan)
- Menurunkan kadar air → menurunkan ketersediaan/aktivitas air
- Menurunkan aktivitas mikrobia
- Menurunkan reaksi perubahan biokimiawi (stabil selama penyimpanan)
- Aw sebagian besar pangan segar: 0.99
- Sebagian besar bakteri tidak bisa tumbuh di bawah Aw 0.91
- Jamur pembusuk dapat tumbuh pada Aw di bawah 0.80
- *S. aureus* grows at Aw 0.86; *C. botulinum* does not grow below 0.95
- Yeast and mold grow at wider Aw range than bacteria

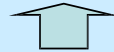
Beberapa bahan pangan yang diolah melalui penurunan Aw

Nilai Aw	Bahan Pangan	Jenis Pengolahan
>0,98	<ul style="list-style-type: none">- Ikan dan daging segar- Buah dan sayur segar- Susu	<ul style="list-style-type: none">- Tidak diolah- Tidak diolah- Tidak diolah
0,93-0,98	<ul style="list-style-type: none">- Pasta tomat- Roti- Buah kaleng dg sirup kental	<ul style="list-style-type: none">- Amobilisasi- Pengeringan, penambahan gula- Penambahan gula
0,85-0,93	<ul style="list-style-type: none">- Daging sapi dikeringkan- Susu kental manis	<ul style="list-style-type: none">- Pengeringan- Penambahan gula, evaporasi
0,60-0,85	<ul style="list-style-type: none">- Tepung terigu- Jam dan jelly	<ul style="list-style-type: none">- Pengeringan- Penambahan gula
<0,60	<ul style="list-style-type: none">- Biskuit- Potato chips	<ul style="list-style-type: none">- Penambahan ingredient- Pengeringan

IMF (Intermediate Moisture Foods)

Foods that have an a_w value of 0.70 – 0.90 (moisture content 10 – 40%). They can be eaten without rehydration

Low a_w value and relatively high moisture



Obtained by adding water binding solute and hydrophilic colloids

Bacteria cannot grow, but yeast and molds can grow in some



Specific preservative (benzoat, sorbat, propionat)



BEBERAPA CATATAN

1. Setiap bahan memiliki kurva ISL yang berbeda-beda
2. Kurva ISL berbeda antara adsorpsi dan desorpsi
3. Setiap jenis solut berbeda-beda kemampuannya untuk menurunkan a_w
4. Mikrobia memiliki a_w minimal yang berbeda-beda (umumnya bakteri tertinggi, disusul dengan yeast dan jamur)
5. Pada a_w yang lebih rendah, mikrobia lebih tahan terhadap pemanasan, irradiasi → pasteurisasi ??? Dosis irradiasi??



BEBERAPA CATATAN

6. Pada “homogenous foods” a_w tidak berubah, jika faktor lain tidak berubah. Pada heterogenous foods ???
7. Pada a_w yang sama, stress yang dialami oleh mikrobia berbeda, tergantung pada komposisi pangan
8. Kondensasi air pada waktu penyimpanan → mengubah a_w ??
9. A_w untuk produksi toksin lebih tinggi dari a_w minimal pertumbuhannya, dan umumnya lebih rendah dari a_w optimal pertumbuhan
10. A_w untuk sporulasi lebih rendah dari a_w optimal pertumbuhannya



PENGENDALIAN MIKROBIA MENGUNAKAN “HURDLE CONCEPT”

**Kuliah Mikrobiologi Pangan dan Pengolahan
WAHIDAH MAHANANI RAHAYU, S.T.P., M.Sc.
TEKNOLOGI PANGAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN**

Food preservation and processing technologies

- **Bahan pangan** → kondisi paling segar segera setelah panen atau ketika hewan baru saja dimatikan → terjadi perubahan fisikokimia selama penyimpanan → ada kemungkinan kontaminasi → harus dikontrol agar tidak membahayakan konsumen

Food preservation and processing technologies

- Untuk mempertahankan kualitas bahan pangan hingga dikonsumsi → dapat diawetkan:
 - Pendinginan
 - pemasakan/pemanasan
 - penambahan bahan kimia,
 - Pengaturan aktivitas air
 - Fermentasi

Atau **kombinasi berbagai metode tersebut.**

Food preservation and processing technologies

- **Pendinginan** → biasanya dengan pendinginan dalam kulkas atau pembekuan.
- **Pemanasan** → pasteurization, commercial sterilization, dan pengeringan.
- **Penambahan BTP pengawet**
- **Fermentasi** → bisa menjadi salah satu metode pengawetan bahan pangan → lactic acid

Produk Olahan Tomat



pH rendah → keberadaan asam → pengawetan



Jam and Jelly

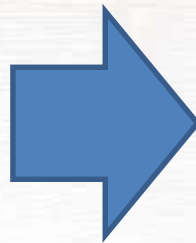


pH rendah → keberadaan asam → pengawetan



Dried fruits

Pengeringan → Aw menurun → pengawetan





A food processing entrepreneur
Needs a basic understanding of the various
technologies before starting a business

Pengolahan → mengolah bahan pangan mentah
menjadi bentuk yang **lebih mudah disimpan dan**
dikonsumsi atau seringkali juga **lebih menarik**.



APA YANG DIMAKSUD DENGAN HURDLE CONCEPT?

- Hurdle concept → konsep pengendalian mikrobial dengan **kombinasi proses** /faktor pengawetan.
- Kombinasi tsb ('hurdles') → mencapai **multitarget** → proses tidak terlalu ekstrim tetapi efek pengawetan dapat tercapai.
- Tujuan: memproduksi pangan yang aman, stabil, bergizi, enak, dan ekonomis.
(Leistner and Gorris, 1995).

APA YANG DIMAKSUD DENGAN HURDLE CONCEPT?



Gambar 1. Pada teknologi Hurdle pertumbuhan mikroorganisme dihambat oleh berbagai macam metode pengawetan sehingga tidak mampu tumbuh.

Hurdle Technology

- Hurdle technology → penggunaan beberapa metoda pengawetan pangan → menghasilkan produk yang *shelf stable*, aman dan berkualitas.
- Digunakan untuk produk HMF, IMF dan *shelf stable*

High-Moisture Foods Many food products with a water activity above 0.90 need refrigeration during storage → fresh fruits, dairy products

Intermediate moisture foods (IMF) → shelf-stable products → Aw 0.6-0.84, Kadar air 15% - 40% → edible tanpa perlu rehidration → dried fruits, produk dengan tambahan gula, marshmallows, and pie fillings

Kondisi Pengolahan Pangan

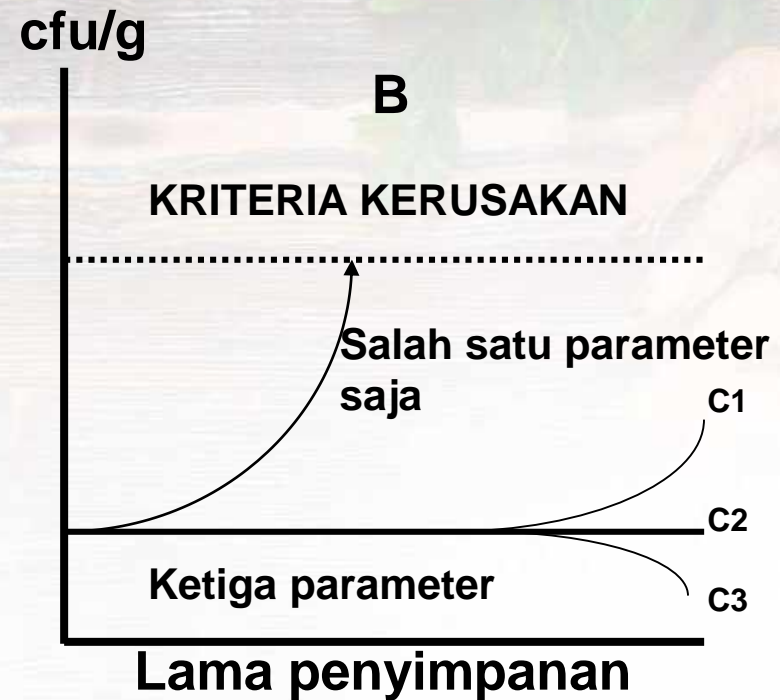
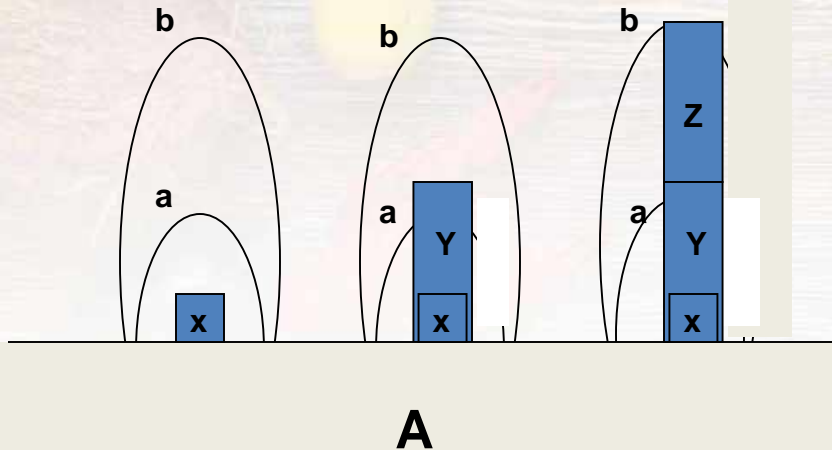


VS



**BAGAIMANA APLIKASI HURDLE CONCEPT
BAGI UMKM?**

PENGENDALIAN DENGAN KOMBINASI BEBERAPA METODE (HURDLE CONCEPT)



- (A) Skema yang menunjukkan bagaimana beberapa parameter (X,Y,Z) lebih efektif dalam mengendalikan kelompok mikrobia yang berbeda (a, b)
- (B) Hasilnya dapat mengurangi laju pertumbuhan, mencegah pertumbuhan atau membunuh mikrobia yg mungkin tidak bisa diperoleh hanya dengan satu parameter saja

Mengapa Hurdle Concept diperlukan?

- Konsumen menghendaki pangan yang segar, natural, dan diproses secara minimal.
- Kecenderungan masyarakat mengkonsumsi makanan siap saji dan makanan instan
- Adanya mikrobia-mikrobia patogen yang resisten apabila dikendalikan dengan hanya satu teknik pengolahan saja.

Signifikansi *Hurdle Technology*

- Penerapan 'hurdle technology' berkontribusi pada kualitas dan keberlanjutan produk
- Menghemat energi, uang dan sumber daya lain
- Setiap hurdle berkontribusi terhadap safety melawan mikrobia tertentu
- Umur simpan produk dapat ditingkatkan, kerusakan dapat dikurangi

Klasifikasi *Hurdle Technology*

Jenis hurdle	Metode
FISIK	
1. KEMASAN	Kemasan aseptis atau hermetis, Kemasan dengan atmosfer termodifikasi, Edibel film/coating, active packaging, edible coatings
2. ELEKTROMAGNETIK	microwave,
3. SUHU TINGGI	blanching, pasteurisasi, sterilisasi, evaporasi, ekstrusi, baking, goreng
4. SUHU RENDAH	chilling, freezing
5. RADIASI	Ionizing radiation Photodynamic inactivation Ultraviolet radiation

Klasifikasi *Hurdle Technology*

Jenis hurdle	Metode
FISIKOKIMIA-MIKROBIOLOGIS	
1. Penambahan gas dan Pengasapan	Nitrogen atau CO ₂ → kemasan, pengasapan daging
2. Fermentasi dan pengawetan dari mikroorganisme	Etanol, asam laktat, laktoperoksidase, mikrobia kompetitor (bakteri asam laktat), bakteriosin, antibiotik
3. Penurunan potensial redoks	Oxygen absorber, asam askorbat
4. Penambahan pengawet	Asam organik, nitrat, nitrit, sulfit, garam, rempah-rempah, senyawa fenolik

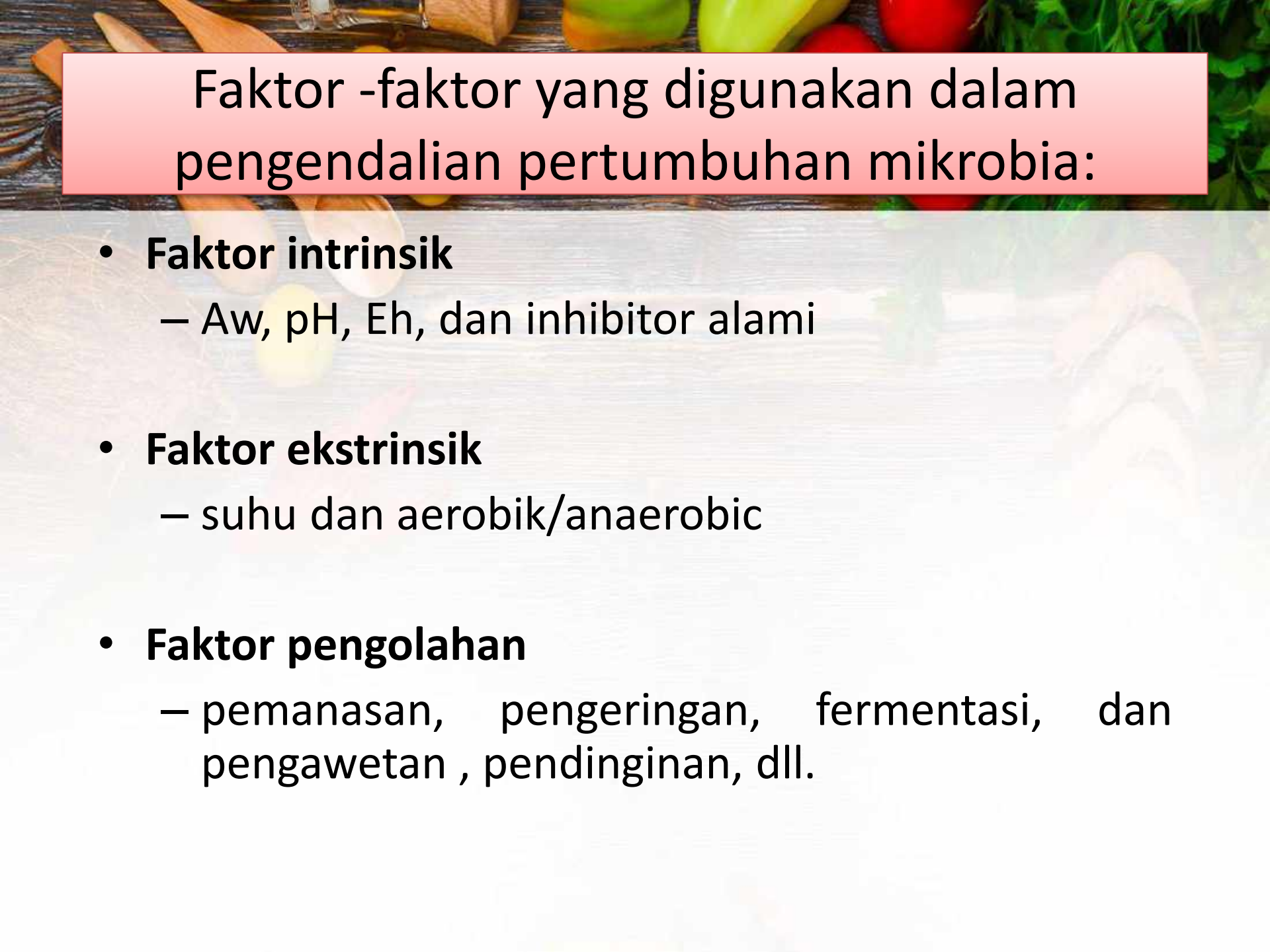
*) Ohlsson dan Bengtsson (2002)

Klasifikasi *Hurdle Technology*

Tabel 2. Hurdle utama dalam pengawetan pangan^{*)}

Simbol	Parameter	Aplikasi
F	Suhu tinggi	Pemanasan
t	Suhu rendah	Pendinginan, pembekuan
aw	Penurunan aktivitas air	Pengeringan, kuring, penambahan gula
pH	Peningkatan keasaman	Penambahan atau pembentukan asam
Eh	Penurunan potensi redoks	Penghilangan oksigen atau penambahan askorbat
BTP (pres)	Penambahan bahan pengawet	Sorbit, nitrit, sulfit
c.f.	Mikroorganisme kompetitor	Fermentasi

^{*)}Leistner, 1995



Faktor -faktor yang digunakan dalam pengendalian pertumbuhan mikrobial:

- **Faktor intrinsik**
 - Aw, pH, Eh, dan inhibitor alami
- **Faktor ekstrinsik**
 - suhu dan aerobik/anaerobic
- **Faktor pengolahan**
 - pemanasan, pengeringan, fermentasi, dan pengawetan, pendinginan, dll.

Metode lain:

- Metode flora kompetitor → bakteri asam laktat
- Metode pengolahan non-thermal (irradiasi, tekanan hidrostatik sangat tinggi, pulsa elektrik, magnetic, dan sinar).

Physical Hurdle

1. **Heat processing:** untuk membunuh/menghambat mikrobia dan/atau enzim
 - Blanching, Pasteurisasi, Sterilisasi
2. **Storage temperature:**
 - Chilling (-1 to 7° C) and freezing ($\leq -18^{\circ}\text{C}$) during storage.
3. **Irradiation**
 - UV irradiation, Ionizing radiation



Irradiation can be used in wide range of area:

- (i) Poultry products and seafood
- (ii) Fruits
- (iii) Prevention of sprouting in potatoes and onions
- (iv) Delaying ripening in fruits
- (v) Preservation of seafood
- (vi) Prevention of insect infestation in dry foods and food products

Table 10.7 Applications of food irradiation

Application	Dose range (kGy)	Examples of foods	Countries with commercial processing
Sterilisation	7-10	Herbs, spices	Belgium, Canada, Croatia, Czech Republic, Denmark, Finland, Israel, Korea(Rep.), Mexico, South Africa, USA, Vietnam
	Up to 50	Long term ambient storage of meat (outside permitted dose)	None
Sterilisation of packaging materials	10-25	Wine corks	Hungary
Destruction of pathogens	2.5-10	Spices, frozen poultry, meat, shrimps	Belgium, Canada, Croatia, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Iran, Netherlands, South Africa, Thailand, Vietnam
Control of moulds	2-5	Extended storage of fresh fruit	China, South Africa, USA
Extension of chill life from 5 days to 1 month	2-5	Soft fruit, fresh fish and meat at 0-4°C	China, France, Netherlands, South Africa, USA
Inactivation/control of parasites	0.1-6	Pork	--
Disinfestation	0.1-2	Fruit, grain, flour, cocoa beans, dry foods	Argentina, Brazil, Chile, China
Inhibition of sprouting	0.1-0.2	Potatoes, garlic, onions	Algeria, Bangladesh, China, Cuba

Physical Hurdle

4. **Electro-magnetic energy**

- Microwave energy
- Radio frequency energy
- Oscillating magnetic field pulses

5. **High Electric Field**

6. **Photodynamic inactivation**

- Photosensitizer \rightarrow O_2 \rightarrow Reactive free radical \rightarrow membunuh mikrobia

7. **Ultra high pressure process**

8. **Ultra sonication**

Physical Hurdle

9. Packaging

- Vacuum packaging
- Moderate Vacuum packaging
- Active packaging
- Edible packaging
- MAP
- CAP
- Hypobaric storage
- Aseptic packaging

Physico-Chemical Hurdles

1. Water activity:

- reduced by dehydration, adding solutes, lowering temperature

2. pH

3. Preservatives

4. $\text{CO}_2 \rightarrow > 20\%$ menghambat pertumbuhan mikrobia aerob

5. O_2

6. Ozone : strong oxidation capacity (destroy Gram -)

7. Smoking

Physico-Chemical Hurdles

9. Spices and herbs

10. Lactoperoxides

11. Lysozymes

12. Microbially Derived hurdles:

- Competitive flora
- Starter culture
- Bacteriocins

Karakteristik Setiap Proses

Hurdle	Undesirable effect
Refrigeration	Chilling injuries, weight loss
Freezing	Discoloration, Texture Loss, Enzymatic browning
CAP	Softening, discoloration, slow spoilage
Pasteurization	Nutritional losses, sensory losses
Drying	Discoloration, Flavor Change, mould growth
Preservatives	Consumer resistance

Contoh:

- Jam dan jelly diberi perlakuan:
 - panas ,
 - pH rendah,
 - Aw rendah,
 - pengemasan
- Untuk menurunkan jumlah mikrobia hidup dan mengendalikan pertumbuhan mikrobia yang tetap bertahan hidup.

Contoh:

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI HURDLE PADA PENGOLAHAN BAKSO MELALUI KOMBINASI BLANCHING DAN PENAMBAHAN EKSTRAK KUNYIT SERTA JAHE

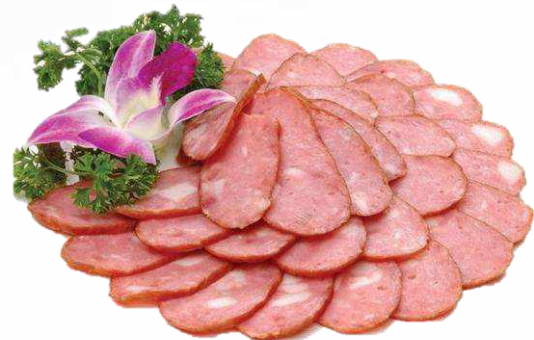
Yuli Witono¹, Tamtarini², Djoko Ponjto Hardani³ dan Ninik Sulistyowati⁴

^{1, 2, 3, 4} Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember
Jl. Kalimantan I Jember Jawa Timur 68121
Email: ylwitono@yahoo.com

- Pengembangan teknologi hurdle → pengolahan bakso → penambahan 1,5% ekstrak kunyit dan jahe dan lama blanching 10 menit → efek sinergis paling baik.
- memperpanjang umur simpan → menekan pertumbuhan mikroba, menurunkan Aw

Contoh:

- Hurdle pangan semi basah → SALAMI (sosis fermentasi)
- Pembuatan salami → selalu ditambahkan nitrit → menghambat pathogen, membentuk warna pink.
- Pada fermentasi → bakteri tahan-nitrit mulai tumbuh → mengkonsumsi oksigen → tumbuh bakteri yang memproduksi asam → penurunan pH.
- Pengeringan → menurunkan aw.
- Tahapan hurdle → menjamin keamanan salami



SALAMI → Sosis dari daging yang diasinkan, difermentasi, dan dikeringkan

Contoh:

- Hurdle pada Shelf-Stable Food (SSP)
- Pemanasan → kisaran suhu 70-110°C → sifat sensori dan gizi baik
- dikemas dalam kemasan hermetis
- tidak perlu kulkas → mempermudah distribusi, hemat biaya.
- Pemanasan ringan → masih mungkin mengandung spora → ditambahi pengawet untuk mengatur Aw, pH dan Eh.





**STATUS BEBERAPA JENIS PENGOLAHAN
UNTUK MENGELIMINASI MIKROBIA**

PEMANASAN DENGAN SUHU RENDAH ($\leq 100^{\circ}\text{C}$)

- Tidak dapat membunuh spora patogen dan spora bakteri perusak.
- Spora dapat tergerminasi dan tumbuh dengan pemanasan
- Alternatif:
 - Jika pH makanan diturunkan menjadi 4,5
 - NO_2 (dan NaCl) ditambahkan
germinasi spora tidak akan terjadi

PENYIMPANAN SUHU RENDAH

- ***C. botulinum***
 - tumbuh pada 35 °C dan Aw 0,95,
 - tidak dapat tumbuh pada 20 °C, kecuali jika Aw naik menjadi 0,97.
- ***L. monocytogenes***
 - tumbuh pada suhu 25 °C, media cair yang mengandung NaCl 6,5% dalam waktu 3 hari,
 - tidak dapat tumbuh pada suhu 14 °C dengan kondisi yang sama.

pH RENDAH

- ***C. botulinum***
 - tumbuh pada pH 7.0; 37 °C; Aw 0,94,
 - tidak terjadi pertumbuhan jika pH turun sampai 5,3 meskipun Aw 0,99
 - *C. botulinum* memproduksi toksin pada 16°C inkubasi 28 hari pH 5,5 tetapi pada pH 5,2 tidak diproduksi toksin.
- ***Salmonella***
 - tumbuh pada pH 5,8 Aw 0,97
 - jika pH diturunkan sampai 5,0 perlu Aw 0,99 untuk tumbuh.

Aw dikombinasikan dengan Faktor Lain:

- *S. aureus*
 - tumbuh pada Aw 0,86 dan pH tinggi.
 - tidak dapat tumbuh pada Aw 0,93 (dengan adanya NaCl), pH 4,6
 - tumbuh pada 12 °C, pH 7,0, Aw 0,93.
 - tidak dapat tumbuh jika Aw diturunkan sampai 0,90.

ATMOSFER TERMODIFIKASI

- Dalam pengemasan vakum, N_2 , CO_2 :
 - pertumbuhan aerob dapat dicegah
 - pertumbuhan fakultatif aerob dapat diturunkan.
 - Namun memfasilitasi pertumbuhan bakteri perusak dan patogen tertentu yang anaerob.
- Sehingga perlu kombinasi yang cocok dengan metode **atmosfer termodifikasi** untuk mengendalikan pertumbuhan mikrobia anaerob.

BAHAN PENGAWET

- NaCl dan BHA
 - Sinergis meningkatkan aktivitas antimikrobia sorbit.
- Asam organik efektif pada pH rendah
 - Dikarenakan tingginya konsentrasi molekul yang tak terdesosiasi
- Beberapa tidak efektif pada pH lebih tinggi
- Kehilangan potensinya selama penyimpanan
- Bakteriosin dirusak enzim proteolitik pada makanan
- Efek bakterisidal bakteriosin ditingkatkan dengan penggunaan asam atau EDTA secara bersamaan

ULTRA HIGH HYDROSTATIC PRESSURE

- **Pengaruh antibakteri tekanan hidrostatik sangat tinggi**
 - ditingkatkan dengan penambahan bakteriosin, lisosim, dan kitosan.
- **Spora diinaktifkan dengan**
 - menggunakan tekanan sangat tinggi (≈ 200.000 psi),
- **Spora mungkin akan terinduksi untuk melakukan germinasi setelah perlakuan dengan tekanan rendah (≈ 15.000 psi), kemudian dapat diinaktivasi menggunakan:**
 - tekanan yang lebih tinggi,
 - pemanasan,
 - bakteriosin,
 - agensia antibakteri yang lain.



KESIMPULAN

- ❑ Berbagai metoda pengendalian bertujuan untuk menginduksi sublethal stress mikrobia dan spora
- ❑ Sel dan spora yang luka (“injure”) oleh salah satu parameter perlakuan menjadi sensitif dengan parameter lain.
- ❑ Pengendalian mikrobia dengan kombinasi berbagai faktor bertujuan untuk meningkatkan kerentanan sel dan spora pada satu atau lebih metode pengawetan.

Referensi

- Ray, B. 1996. Fundamental Food Microbiology. CRC Press, Inc.
- berbagai sumber lain



KONTAMINASI JAMUR/FUNGI PADA PANGAN

**WAHIDAH MAHANANI RAHAYU, S.T.P., M.Sc.
MIKROBIOLOGI PANGAN DAN PENGOLAHAN
PRODI TEKNOLOGI PANGAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN**

~KONTEN~

- ❑ Faktor berpengaruh pada kontaminasi jamur penghasil mikotoksin
- ❑ Beberapa mikotoksin yang dihasilkan jamur, pengaruhnya pada kesehatan
- ❑ Berbagai jenis produk pangan yang rentan kontaminasi jamur
- ❑ Upaya pengendalian kontaminasi jamur dan produksi mikotoksinnya



**FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
KONTAMINASI JAMUR
PENGHASIL MIKOTOKSIN**

BAHAN PANGAN SANGAT MUDAH TERKONTAMINASI JAMUR

- Spora ada di udara
- Iklim → RH tinggi, suhu tinggi
- Penanganan dengan sanitasi buruk
- Bisa mencemari buah, biji-bijian, sayuran, sereal

PRODUCT	NUMBER OF SAMPLES TESTED	YM COUNTS RANGE (\log_{10} CFU g ⁻¹)	FREQUENCY*
Tree nuts			
Almonds	17	<2.00–4.00	76
Pecans	16	<2.00–2.00	6
Pine nuts	11	<2.00–3.53	91
Walnuts	20	2.65–5.34	100
Dried fruits			
Apricots	8	<2.00–2.60	25
Cranberries	10	<2.00–2.30	20
Papaya	10	<2.00	0
Pineapple	12	<2.00–2.00	8
Raisins	10	<2.00–3.86	60

Note: *Frequency is the percentage of contaminated samples.
Abbreviations: YM, yeast and mold; CFU, colony forming units.



What is an ounce of tree nuts?

The answer varies depending on the type and size of each nut.

Here are examples of one-ounce portions of each tree nut, along with the average number of nuts per serving.



Almonds
20-24



Cashews
16-18



Hazelnuts
18-20



Macadamias
10-12



Brazil Nuts
6-8

Nutrition in Every Handful



Pecans
18-20
HALVES



Pine Nuts
150-157



Pistachios
47-49



Walnuts
8-14
HALVES





Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kontaminasi mikotoksin pada rantai makanan



- Faktor-faktor biologis**
- Tanaman rentan/peka
 - Kapang penghasil mikotoksin



- Faktor-faktor lingkungan**
- Suhu
 - Kelembaban
 - Kerusakan mekanis
 - Kerusakan akibat serangga / burung
 - Jamur



- Panen**
- Tanaman siap panen
 - Suhu
 - Kelembaban
 - Deteksi



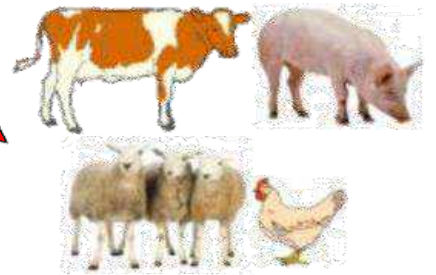
- Penyimpanan**
- Suhu
 - Kelembaban
 - Deteksi



Manusia

- Distribusi - Pemrosesan**
- Deteksi

Produk-produk Ternak



Ternak



FRESH FOOD

- Fruits, vegetables → susceptible to fungal contamination → ripening stage → changes in pH, skin, carbohydrates.
- Visible symptoms on post-harvest crops → perubahan warna, luka.
- Jamur: *Penicillium*, *Botrytis*, *Monilinia*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Gloeosporium*, and *Mucor*



Stored and Processed Foods

- Produk susu (yogurt, cream, butter, cheese) → meski di kulkas → molds, mainly *Penicillium*, *Mucor* and *Cladosporium* spp.
- Processed meats (chilled meats, bacon) → IMF spoiled by *Penicillium*, *Aerobasidium*, *Cladosporium*, and *Eurotium* spp.,
- Aw rendah → cereals, nuts, spices, dried milk, dried meats, fermented meats (dry cured ham, salami, fermented sausage) → *Eurotium*, *Aspergillus*, *Penicillium* spp.
- *Aspergillus penicillioides* found in dried fish → xerophilic fungal → able to germinate at 0.585 aw
- Salted foods → → salted fish → *Wallemia sebi*, *Aspergillus* spp. and *Eurotium* spp.



Pangan yang dipanaskan

Makanan pH rendah & dipanaskan → jamur rusak bertahan beberapa strain masih bisa → post-contamination → non-heat-resistant species. bakery products → breads → most frequently found genera: *Penicillium* [62] *Aspergillus*, *Wallemia*, and *Eurotium* [63].





INDONESIA

Populasi: 270 juta

BUTUH BANYAK BAHAN PANGAN
(cereals, other carbohydrate source, beans)

TROPICAL COUNTRY

High humidity (RH > 78%)

Warm temperature (25 -32°C)

Improperly / poor handling and storage condition



Ideal for fungal growth



Mycotoxins

(stable against processing factors)

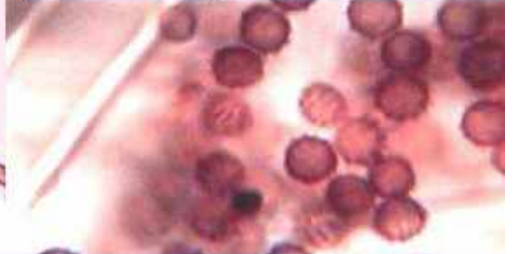
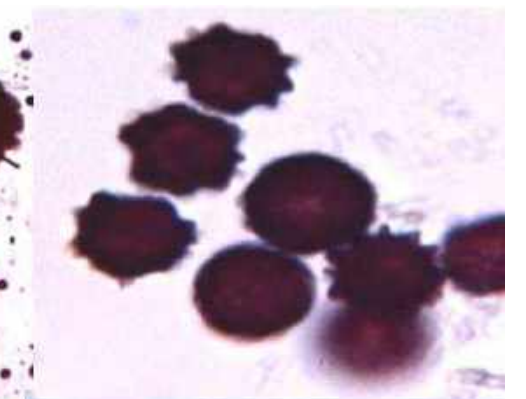
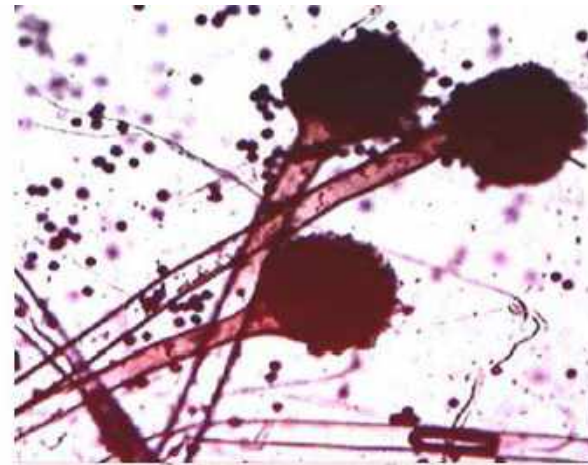
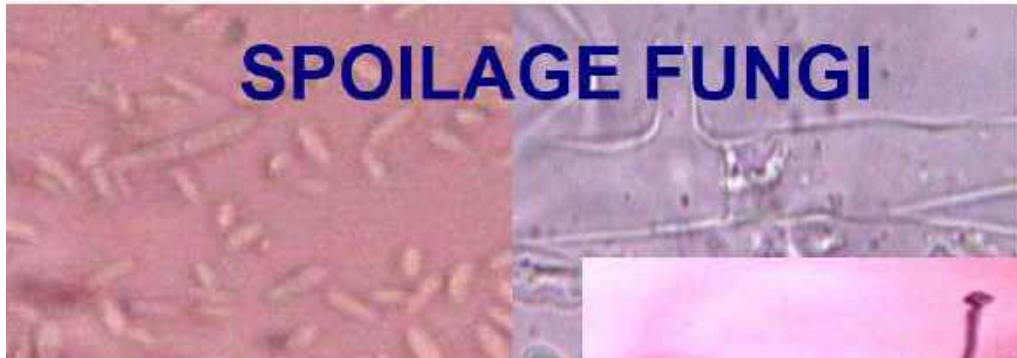


MYCOTOXICOSES

A little view of mycotoxigenic fungi
and occurrence of mycotoxins



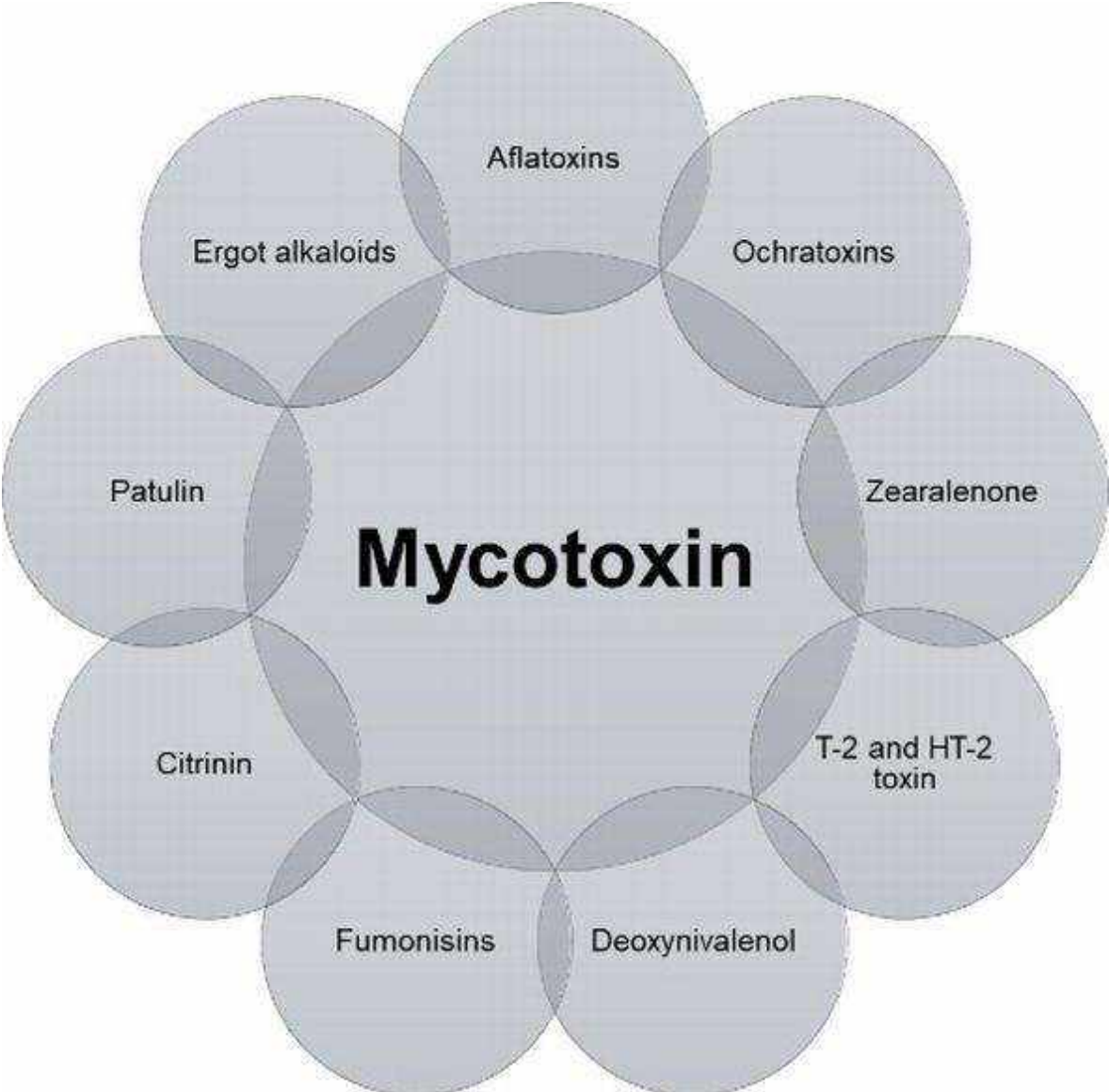
**JAMUR PEMBENTUK
MIKOTOKSIN PADA JAGUNG
(Sardjono 2008)**

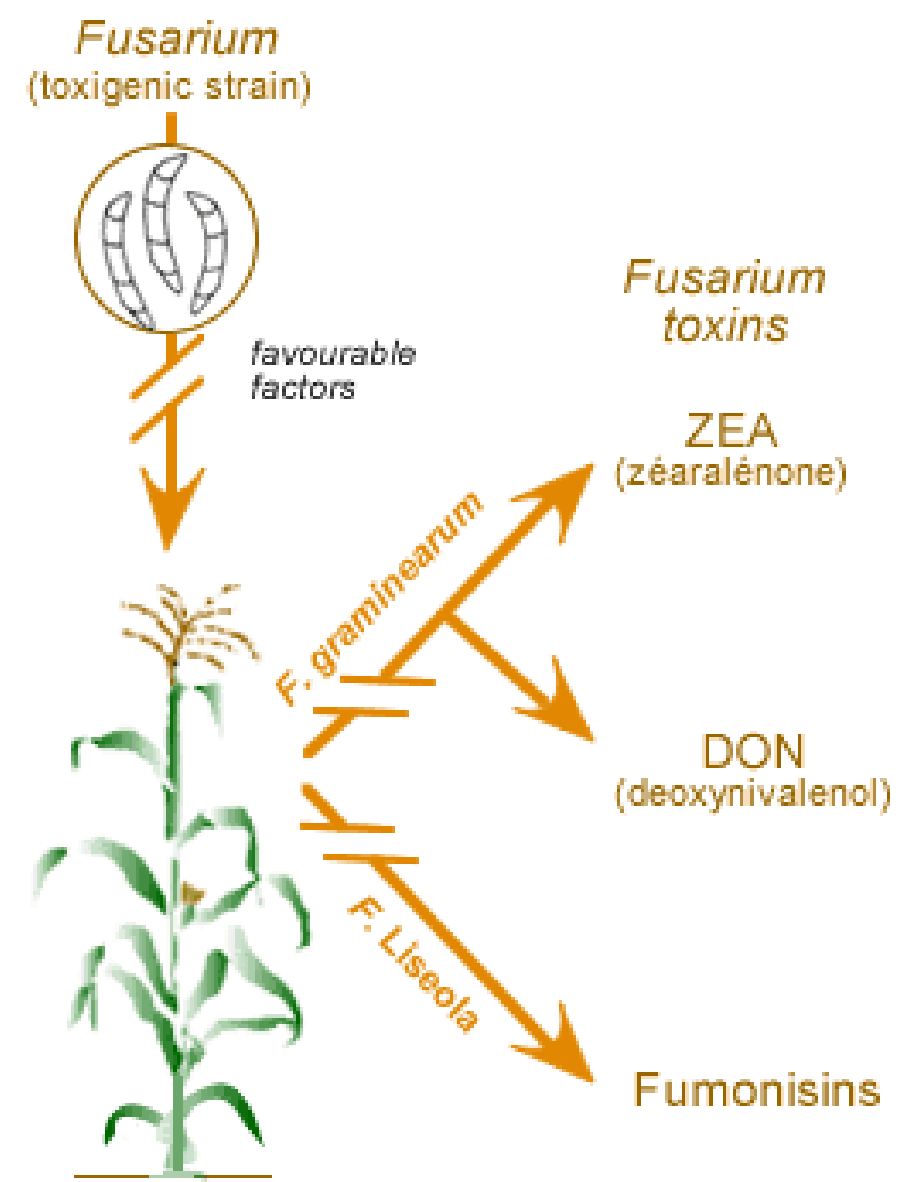
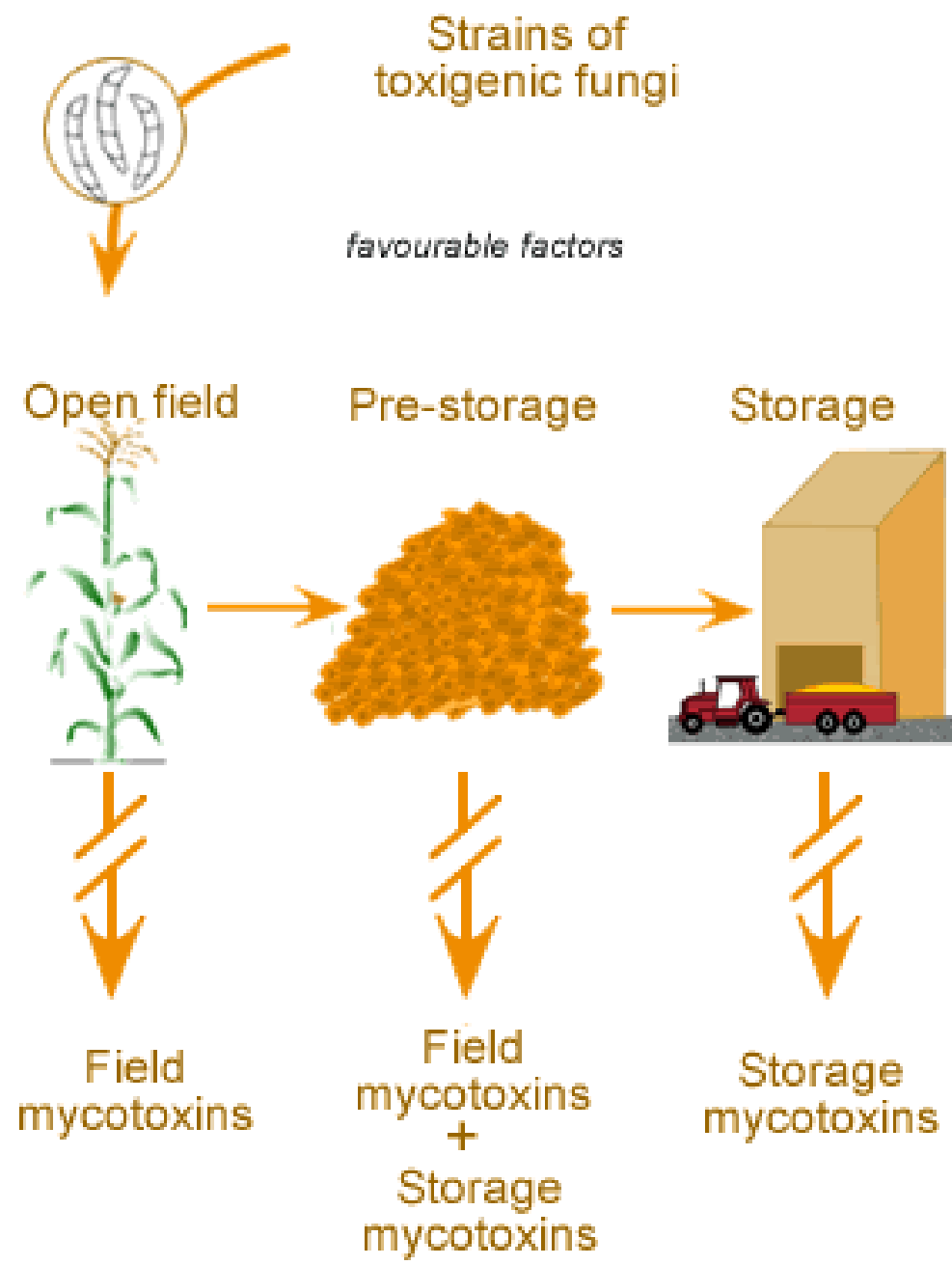


The image is a collage of four photographs illustrating mold growth on food. The top-left photo shows mold on corn cobs. The top-center photo shows mold on an orange. The bottom-center photo shows mold on rice grains. The right-side photos show mold on other food items, possibly mushrooms or vegetables. A white semi-transparent box is overlaid in the center, containing the title text.

**BEBERAPA MIKOTOKSIN YANG
DIHASILKAN JAMUR
DAN PENGARUHNYA BAGI KESEHATAN**

KONTAMINASI JAMUR → PENGHASIL MIKOTOKSIN

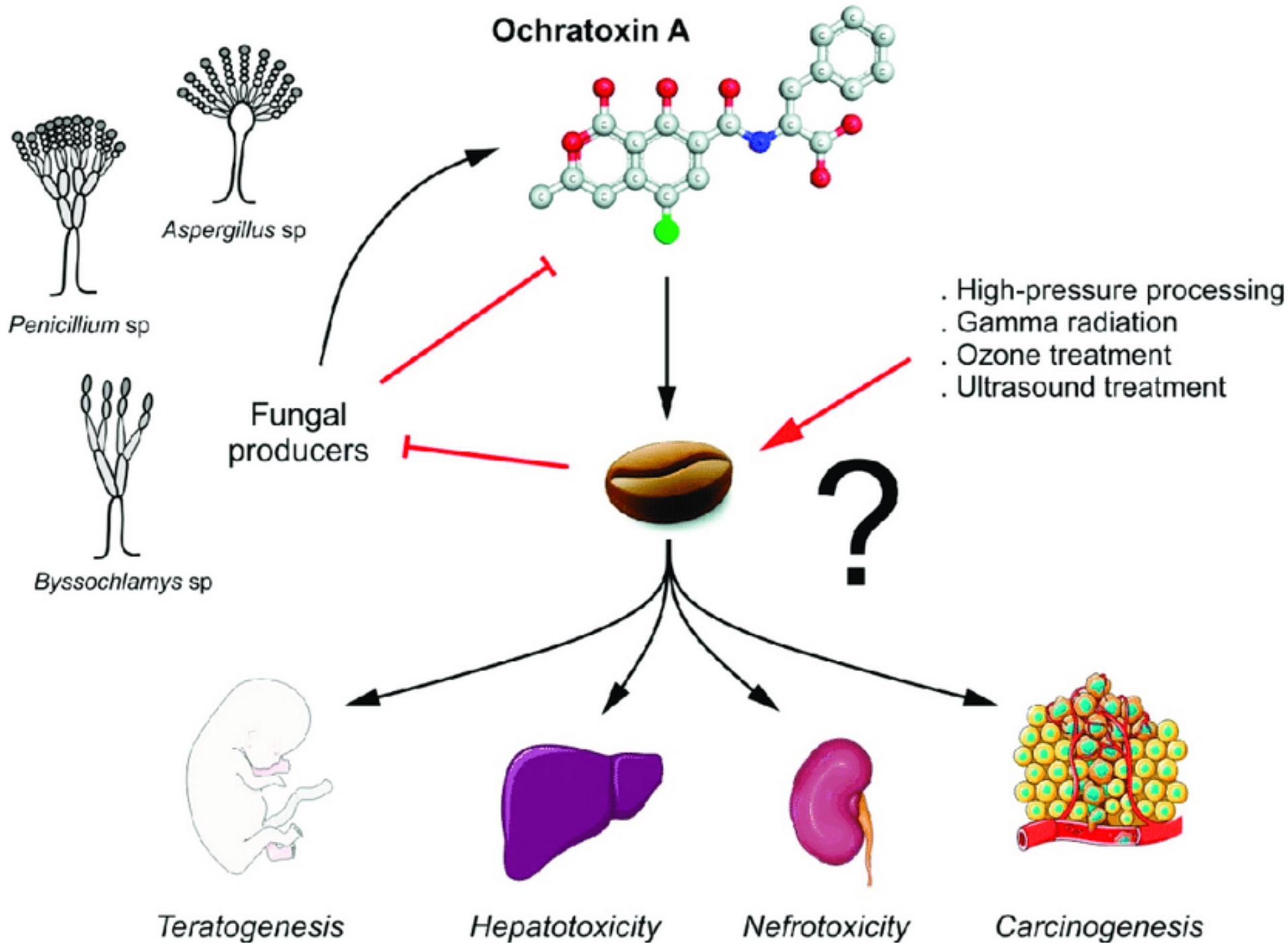






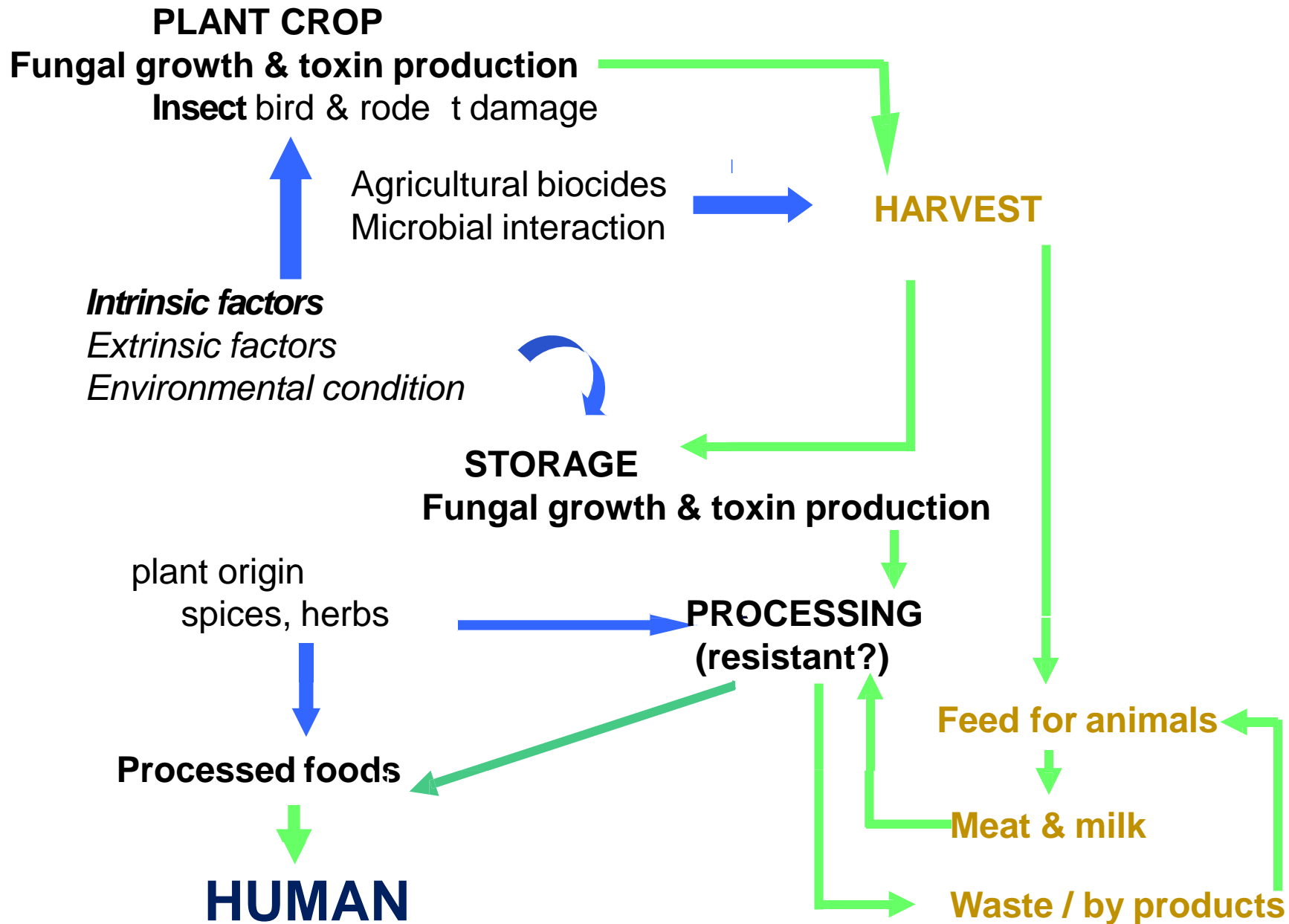
MIKOTOKSIN	KOMODITI	JAMUR PENGHASIL	PENGARUH YG DITIMBULKAN
Aflatoksin (B1, B2, G1, G2)	Jagung, kacang, bijian lain dan hasil olahannya	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus parasiticus</i>	Karsinogenik, embriotoksik
Aflatoksin M1 dan derevatnya	Susu	Bisa mengandung AFB	Karsinogenik
Fumonisin (B1, B2)	Jagung, gandum dan beberapa bijian lain	<i>Fusarium moniliforme</i>	Karsinogenik Accut
Zearalenone	Jagung, gandum, barley	<i>Fusarium graminearum</i> <i>F. Culmorum</i> <i>F. crookwellense</i>	Karsinogenik System repro-duksi
Deoxynivalenol Nivalenol	Jagung, gandum, barley	Idem zearalenone	idem
Ochratoxin A (OTA)	Kopi, coklat, gandum	<i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Penicillium vericosum</i> <i>Aspergillus niger</i>	karsinogenik

Meca et al. (2010) → enniatin A1 and B1 → cytotoxic effects on human cells → cell growth strongly inhibited





**SIMPLIFIED DIAGRAM THE ROUTE OF MYCOTOXINS
CONTAMINATION IN FOOD (Sardjono,2003)**





**BERBAGAI JENIS PRODUK PANGAN
YANG RENTAN KONTAMINASI JAMUR**



Moulding of cereals/plants**
during growth / storage

Pada produk daging

animal feed*

feed components**

(by-products from the food industries)

swine ruminant poultry

meat and edible tissue**

MEAT PROCESSING

Other component:**

- . other component of plant origin
- . spices and herbs
- . other component of plant origin
- . coloring agents of fungal origin

Contamination with toxigenic fungi**

undesired moulding
fungal starter cultures

MEAT PRODUCTS

CONTAMINATION OF MEAT & MEAT PRODUCTS WITH MYCOTOXIN

REVIEW ON AFLATOXIN IN INDONESIAN FOOD- AND FEEDSTUFFS AND THEIR PRODUCTS

OKKY SETYAWATI DHARMAPUTRA

*SEAMEO BIOTROP, P.O. Box 116, Bogor, Indonesia; and
Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Bogor Agricultural University, Jl. Raya Pajajaran, Bogor, Indonesia*

- Aflatoxin → *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus*.
- aflatoxin contamination in Indonesian food and feedstuffs → 1990 – 2002

- Jagung dan produk olahannya
- Kacang-kacangan: kacang tanah, kedelai dan produknya (termasuk tempe),
- merica putih dan hitam black and white pepper,
- Pakan ayam dan bebek.
- Samples diambil dari petani, pengepul, pedagang pasar, supermarkets, eksportir, peternakan; penggilingan, gudang BULOG
- High levels of aflatoxins → pasar → jagung, kacang tanah, pakan ayam, and duck feed.
- Low levels of aflatoxins → tempe
- Sebagian sampel kedelai tidak mengandung aflatoxin → asam fitat → mengikat ion Zn^{+} yang diperlukan untuk sintesis aflatoksin

Kacang tanah



SPOILAGE FUNGI

<i>Aspergillus niger</i>	(80%)
<i>A. tamaritii</i>	(38%)
<i>A. wentii</i>	(7%)
<i>E. chevalieri</i>	(63%)
<i>E. rubrum</i>	(62%)
<i>Chaetomium</i>	
<i>globusum</i>	(5%)
<i>P. funiculosum</i>	(4%)

MYCOTOXIGENIC FUNGI

<i>Aspergillus flavus</i>	(98%)
<i>A. fumigatus</i>	(3%)
<i>A. ochraceus</i>	(4%)
<i>P. citrinum</i>	(55%)
<i>F. semitectum</i>	(14%)

Jagung



<i>A. flavus</i>	(80)
<i>Fusarium moniliforme</i>	(73)
<i>F. semitectum</i>	(34)
<i>F. proliferatum</i>	(7)
<i>Penicillium citrinum</i>	(45)

kedelai



SPOILAGE FUNGI

<i>Aspergillus candidus</i>	(10)
<i>A. niger</i>	(35)
<i>A. restrictus</i>	(29)
<i>A. tamarii</i>	(15)
<i>A. wentii</i>	(10)
<i>Chaetomium funicola</i>	(23)
<i>C. globosum</i>	(35)
<i>Eurotium amstelc dami</i>	(13)
<i>E. chevalieri</i>	(19)
<i>E. rubrum</i>	(60)

MYCOTOXIGENIC FUNGI

<i>Aspergillus flavus</i>	(81)
<i>F. semitectum</i>	(46)
<i>P. citrinum</i>	(23)



KEMIRI

(*Aleurities mollucana*)

FIELD FUNGI :

- Absidia corymbifera* (16)
- Nigrosora oryzae* (21)
- Rhizopus oryzae* (32)
- R. stolonifer* (37)
- Syncephalastrum racemosum* (16)

SPOILAGE FUNGI

- Aspergillus niger* (84)
- A. tamaritii* (32)
- A. wentii* (37)
- E. chevalieri* (26)
- E. rubrum* (89)
- Chaetomium globusum* (37)
- P. aethiopicum* (16)

MYCOTOXIGENIC FUNGI

- Aspergillus flavus* (95)
- A. versicolor* (21)
- P. citrinum* (53)
- F. semitectum* (14%)



<i>A. niger</i>	(17)
<i>A. tamarii</i>	(17)
<i>Eurotium chevalieri</i>	(11)
<i>E. rubrum</i>	(17)

<i>Aspergillus flavus</i>	(80)
<i>F. semitectum</i>	(63)
<i>P. citrinum</i>	(23)
<i>P. oxalicum</i>	(17)

PADDY RICE



<i>A. niger</i>	(6)
<i>A. sydowii</i>	(4)
<i>Eurotium chevalieri</i>	(18)
<i>E. rubrum</i>	(16)

<i>Aspergillus flavus</i>	(34)
<i>A. fumigatus</i>	(9)
<i>A. versicolor</i>	(6)
<i>F. semitectum</i>	(4)
<i>P. citrinum</i>	(16)
<i>P. islandicum</i>	(5)

MILLED RICE

Merica



SPOILAGE FUNGI

A. niger *A. tamarii* (60)
A. sydowii (90)
Emericella nidulans (80)
Eurotium chevalieri (35)

MYCOTOXIGENIC FUNGI

Aspergillus flavus (90)
A. versicolor (70)
P. citrinum (50)



Aspergillus flavus → observed in all sample

→ infected more than 90% on peanut,
kemiri and pepper

A.flavus, *Fusarium* spp, *Penicillium citrinum* → common
mycotoxigenic fungi food crops and nut in Indonesia

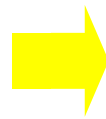


Eurotium rubrum and related species commonly found overall →
indicative of suboptimal storage condition

Field fungi and mycotoxigenic fungi reduced significantly in milled
rice compare to paddy rice



**HIGH INFECTED
MYCOTOXIGENIC FUNGI**



**MYCOTOXINS
CONTAMINATION ?**



The level of AFB1 contamination on corn at farmer, middleman & retailer; and corn product in East Java (Raharjo and Rahayu, 2003)

Sampling area	Farmer (corn)		Middle man & retailer (corn)		Market (corn product)	
	(20-100) ppb	< 100 ppb	20-100) ppb	< 100 ppb	(20-100) ppb	<100
Malang	28%	16%	40%	13%	11%	0
Tuban	0	18%	14%	43%	14%	0
Kediri	12%	12%	40%	60%	40%	0
Madura	47%	0	61%	28%	0	0

Middleman and retailer > higher percentage of contamination

→ prolonged storage →

POOR HANDLING AND STORAGE

Corn product (“marning”) → lower percentage : there is a step of processing that able to decreased AFB1 content





Sample	Positive sample(%)	A FB 1 (ppb)	Reference
Peanut	100	8-6000	Goto, et al, 1999
Unshelled roasted peanut	61.1	2.2	Noviandi, et al. 2001
Roasted peanut	45.5	50.0	
Flour roasted peanut	70.0	61.7	
Egg coated peanut	84.6	7.0	
Peanut butter	87.5	249	
Peanut brown sugar cake	66.7	3.0	
Peanut chili-sauce	100	230	Noviandi, et al. 2001
Corn	100	49-428	Ali,et al 1995
Corn products	66.7	5.6	Noviandi, et al. 2001
Baby food products (pure)	50.0	7.0	Noviandi, et al. 2001

AFB1 are remain in final products



Level of Fumonisin contamination in maize-based foods and feed from Yogyakarta , Indonesia (Nuryono et al., 2004)*



Sample category	Sample number		Fumonisins (ppb)	
	Analyzed	positive	Range	Average
Industrially-produced foods	24	14	22.8-104.6	50.1
Small industry-products	17	16	12.9-234.1	54.4
Maize flour	4	-	-	-
Maize for foods	9	5	68.0-2471	1275
Formulated feed	30	29	10.7-2257	968



* **Mycotoxin Research 20(2004):2-9**





Level of Zearalenone contamination in maize-based foods and feed from Yogyakarta , Indonesia (Nuryono et al., 2005)*

Sample category	Sample number		Zearalenone (ppb)	
	Analyzed	positive	Range	Average
Industrially-produced foods	21	4	5.5-18.6	9.1
Small industry-products	17	5	21.2-526	199
Maize for foods	13	2	6.1-6.3	6.2
Formulated feed	21	18	6.3-526	25.5

* J. of Food Control 16(2005):65-71



Indonesian Food and Nutrition Progress, 2014, Vol. 13, Issue 1

***Penicillium* Species Isolated From Cocoa, Coffee Beans, and Dried Cassava in Yogyakarta Indonesia and Their Ochratoxin Production**

Mona Nur Moulia¹⁾, Sigit Setyabudi¹⁾, Baharuddin Salleh²⁾, Endang S. Rahayu^{1*)}

most found species *Penicillium* in cocoa and coffee beans were belong to *P. citrinum* which likely have a capability in the production of Ochratoxin A

Kontaminasi Mikotoksin pada Rantai Makanan (Mycotoxin Contamination in the Food Chain)

Eny Martindah¹ dan S Bahri²

¹Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30, Bogor 16114

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor
emartindah@hotmail.com

Pertumbuhan kapang dan produksi mikotoksin
→ cuaca → suhu yang hangat (28-31°C),
kelembaban tinggi (60-90%).

Kandungan aflatoksin, fumonisin, zearalenon,
okratoksin, deoksinivalenol dan toksin T2 →
bahan pakan dan pakan sehingga perlu
mendapat perhatian untuk dikendalikan.

penggunaan fungisida dengan tepat
Rotasi tanaman, penerapan regulasi batas
maksimum mikotoksin pada pakan dan pangan

Kontaminasi Mikotoksin pada Rantai Makanan **(Mycotoxin Contamination in the Food Chain)**

Eny Martindah¹ dan S Bahri²

¹Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30, Bogor 16114

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor
emartindah@hotmail.com

- aflatoxin dan metabolitnya (aflatoxin M1, aflatoxicol, aflatoxin Q1 and aflatoxin P1) → daging, susu, telur



Fungal contamination spices from Indonesia with emphasis on *Aspergillus flavus*

KIKI NURTJAHJA^{1*}, CUT FATIMAH ZUHRA², HELMINA SEMBIRING², ADITIYA BUNGSU¹, JESICA SIMANULLANG¹, JUWITA ESTERINA SILALAH¹, BETRIANA NOVI LENTA GULTOM¹, SARTINI SARTINI³

- paling banyak ditemukan → *Aspergillus*, diikuti spesies *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*.
- *Aspergillus flavus* → merica putih, biji pala, kapulaga, lada hitam
- *Aspergillus chevalieri* → ketumbar dan biji pala.

10 macam rempah kering

- lada hitam, ➤ biji pala,
- kemiri, ➤ jinten,
- kayu manis, ➤ kapulaga,
- cengkeh, ➤ bunga lawang,
- ketumbar, ➤ merica)

9 penjual dari 5 pasar tradisional di Medan, April - Juli 2018.

Table 3. Number of *A. flavus* isolates and their toxigenic strains

	Fungal population											Total
	black pepper	candle nut	cinnamon	cloves	coriander	cardamom	cumin	nutmeg	star anise	white pepper		
<i>A. flavus</i> isolates	8	1	1	1	3	12	1	9	0	14	50	
<i>A. flavus</i> toxigenic strain	2	0	0	1	1	10	1	4	0	5	24	





Mikotoksin
juga
ditemukan
pada tempe
(Riyan
Anggriawan,
2018)

Table 11. HPLC-MS/MS result of BEA, FB1, and the Enniatins A1, B and B1 for positive samples (*F. proliferatum* present). Sample contained FB1 content higher than legal limit in Indonesia (2000 µg/kg; SNI 7385:2009) is shown in red.

Locations	<i>F. proliferatum</i> (DNA ng/mg)	BEA (µg/kg)	FB1 (µg/kg)	EnnB (µg/kg)	EnnB1 (µg/kg)	EnnA1 (µg/kg)
Kebumen 08	43	<LOQ	320	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kebumen 25	45	17	361	367	51	19
Kebumen 31	22	<LOQ	212	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Banyumas 01	25	<LOQ	337	41	<LOQ	<LOQ
Banyumas 05	144	45	1407	95	16	<LOQ
Banyumas 06	45	<LOQ	362	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Banyumas 10	53	37	566	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Banyumas 24	27	<LOQ	170	164	19	12
Banyumas 26	113	34	776	174	34	14
Banyumas 35	32	<LOQ	381	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kudus 03	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kudus 05	25	17	183	456	67	28
Kudus 12	43	25	437	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kudus 17	33	<LOQ	284	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Yogyakarta 12	54	<LOQ	526	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Yogyakarta 14	35	20	217	131	19	<LOQ
Yogyakarta 15	30	<LOQ	214	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Yogyakarta 22	175	163	2682	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Yogyakarta 37	36	37	323	220	36	14
Banjarnegara 25	31	28	253	190	34	16
Banjarnegara 31	21	<LOQ	197	107	16	<LOQ
Gombong 13	37	25	474	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Gombong 17	33	20	220	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Gombong 18	29	<LOQ	255	160	18	8
Gombong 19	20	<LOQ	179	154	27	10



- *Rhizopus* spp. tidak melawan *F. proliferatum* → could grow together.
- Unhygienic environment of the workshop may also contribute to contamination problem.
- Most of tempeh samples → positive in *Fusarium*
- mycotoxin contamination isolated from unhygienic tempeh workshop.
- These condition make contamination is always possible in this product.



Mikotoksin juga ditemukan pada tempe (Riyan Anggriawan, 2018)



Table 12. Summary of quality result between normal and contaminated tempeh.

No	Quality test	Result
1	Compactness observation	Not different
2	Texture (with texture analyzer Rheometer)*	Not different
3	pH*	Not different
3	Color (<i>L</i> , <i>a</i> , and <i>b</i>) (with Minolta Chromameter)*	Not different
4	Protein content*	Significantly different
5	Amino acid composition (with Waters UPLC-MS/MS)*	Significantly different

*Significant differences was checked by t-student test ($P < 0.05$).

Table 13. Protein, L-Aspartic acid and L-Glutamic acid content between normal and contaminated tempeh.

Samples	Protein content (g /100g dw)	Amino acids		Interpretation for taste
		L-Aspartic acid (g/100g dw)	L-Glutamic acid (g/100g dw)	
Normal tempeh	$42.2 \pm 0.42a$	$5.23 \pm 0.45a$	$8.55 \pm 0.79a$	Umami
Contaminated tempeh	$35.34 \pm 1.27b$	$1.01 \pm 0.21b$	$2.17 \pm 0.32b$	Less umami

Kenampakan sama, kandungan gizi beda, rasa beda



Level
konsumsi →
rendah

(Riyan
Anggriawan,
2018)

Table 14. Risk characterization of fumonisin based on probable daily intake.

Areas	Daily Intake	¹⁾ Fumonisin B1 (ng/g)	²⁾ PDI (ng.kg ⁻¹ bw.day ⁻¹)		
			Infant	Children	Adult
Banyumas	PDI	102.3	204.6	81.8	34.1
	%TDI		10.2	4.1	1.7
Kebumen	PDI	16.3	32.6	13	5.4
	%TDI		1.6	0.7	0.3
Yogyakarta	PDI	96.6	193.3	77.3	32.2
	%TDI		9.6	3.9	1.6
Banjarnegara	PDI	13.6	27.3	10.9	4.5
	%TDI		1.4	0.5	0.2
Gombong	PDI	34.2	68.4	27.3	11.4
	%TDI		3.4	1.4	0.6
Kudus	PDI	29.2	58.3	23.3	9.7
	%TDI		2.9	1.2	0.5

Note:

¹⁾ Summation of mean of means of total FB1 in each area from research part II

²⁾ Probable Daily Intake (PDI) (Assumed 10 kg, 25 kg (Rodriguez-Carasco et al., 2013) and 60 kg (Liu and Wu, 2010) body weight (bw) for infants, children and adults, respectively) calculated by multiplying the fumonisin concentration in traditional tempeh by consumption rates of tempeh in Indonesia 20 g/person/day) as estimated by the Statistics Indonesia (BPS, 2016) and divided by body weight of consumers.

*Tolerable daily intake (2000 ng.kg⁻¹ bw.day⁻¹) by Join FAO/WHO Expert Committee on Food Additives/ JEFCA (2011).



**PENGENDALIAN KONTAMINASI
JAMUR PENGHASIL MIKOTOKSIN**



**CEMARAN JAMUR PENGHASIL
MIKOTOKSIN CUKUP BESAR**



**CEMARAN MIKOTOKSIN
MENGKHAWATIRKAN??**



Langkah-langkah yang perlu dilakukan

1. Meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya yg ditimbulkan oleh mikotoksin
2. Perbaiki metode budidaya untuk mengurangi cemaran jamur di lapangan
3. Perbaiki metode panen dan pasca panen, dengan menyediakan alat pengering yang memadai dan teknik penyimpanan yang benar
4. Pengembangan proses pengolahan untuk detoksifikasi mikotoksin dalam bahan mentah → kimiawi maupun biologis melalui proses fermentasi



Penelitian pada bidang teknologi pangan

- Mencari mikrobial yang dapat melawan jamur penghasil toksin → Strain yang mampu melawan *A. flavus*, baik dari bakteri ataupun jamur
- Mencari teknologi yang tepat untuk mengurangi kontaminasi

1. Fermentasi → alat

International Symposium on Food and Agro-biodiversity (ISFA2014)

Fungi Level Analysis of Cocoa Beans Based on Fermentation Box Type and Duration

Retno Utami Hatmi^{a*}, Mahargono Kobarsih^a and Nurdeana Cahyaningrum^a

^aAssessment Institute for Agricultural Technology Yogyakarta
Jl. Stadion Maguwoharjo No. 22 Ngemplak Sleman Yogyakarta - 55584



Figure 3. Design of rotary box



Figure 4. Design of single box with a hand crank

1. Fermentasi → mikrobial yang dengan sifat antijamur




microorganisms



Review

Antifungal Microbial Agents for Food Biopreservation—A Review

Marcia Leyva Salas ^{1,2}, Jérôme Mounier ¹, Florence Valence ² , Monika Coton ¹, Anne Thierry ²
and Emmanuel Coton ^{1,*}

Natamycin → *Streptomyces nataliensis* → permukaan keju



1. Fermentasi → BAL dan yeast

five strains *Lactobacillus casei* → inhibit the growth of four spoilage molds [Cortés-Zavaleta, 2014].

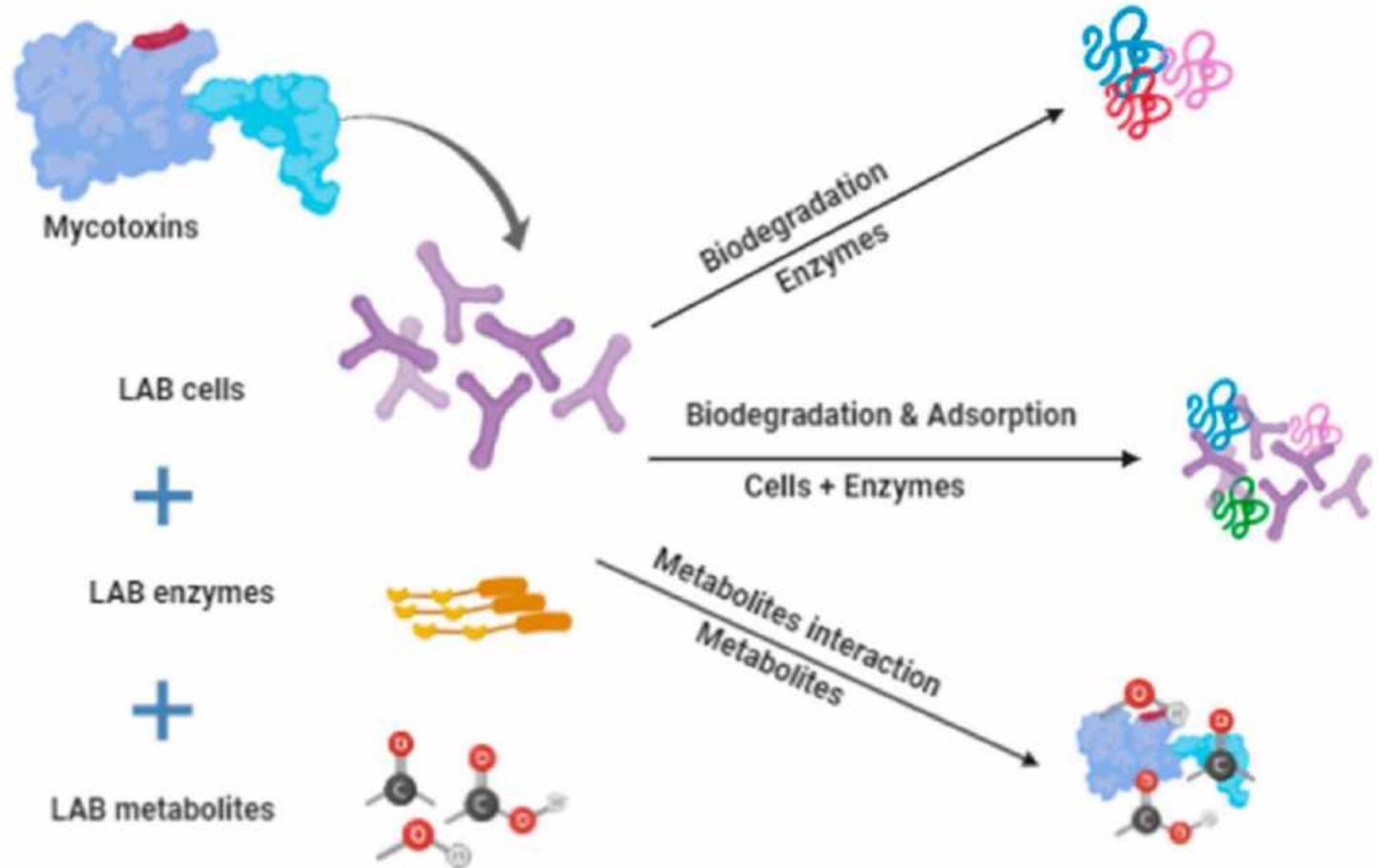
Beberapa di antara 88 isolate *L. plantarum* → wide spectrum of fungi inhibition

BAL *L. plantarum* 1A7 & yeast *Wickerhamomyces anomalus* 1695 → antifungal activity against *P. roqueforti* in wheat flour bread → menghasilkan ethyl acetate dan β -1,3-glucanase → melawan jamur

Beberapa jenis jamur → menghasilkan antifungal proteins (AFPs) → kaya sistein → melawan jamur pembusuk *Penicillium roqueforti* → aplikasi pada keju dan daging fermentasi (salami) → AFP akan merusak kemampuan jamur dalam memproduksi kitin → merusak dinding sel jamur → kematian sel



Detoksifikasi mikotoksin oleh BAL



Penelitian pada bidang teknologi pangan

- Mencari teknologi yang tepat untuk mengurangi kontaminasi

2. Iradiasi

Research Article



Received: 11 October 2013

Revised: 17 January 2014

Accepted article published: 6 February 2014

Published online in Wiley Online Library: 6 March 2014

(wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa.6607

Inactivation effect of electron beam irradiation on fungal load of naturally contaminated maize seeds

Monica R Nemțanu,^a Mirela Brașoveanu,^{a*} Gürsel Karaca^b and İsmail Erper^c

- ✓ Fungal contamination of maize seeds decreased significantly with increasing irradiation dose.
- ✓ sensitivity → to electron beam treatment:
- ✓ *Penicillium* spp. > *Fusarium* spp. > *Aspergillus* spp.,
- ✓ Dosis irradiation doses of 1.7, 2.5 and 4.8 kGy





Sumber

- PPT dari Prof. Sardjono,FTP UGM
 - Berbagai jurnal
- 
- 
- 