

**PENYIMPANAN TEMPE DENGAN METODE MODIFIKASI
ATMOSFER (*Modified Atmosphere*) UNTUK MEMPERTAHANKAN
KUALITAS DAN DAYA SIMPAN**



Oleh :
SITI MUSLIKHAH
H0908143

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2013

**PENYIMPANAN TEMPE DENGAN METODE MODIFIKASI
ATMOSFER (*Modified Atmosphere*) UNTUK
MEMPERTAHANKAN KUALITAS DAN DAYA SIMPAN**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

SITI MUSLIHAH

H 0908143

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal:

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua

Anggota I

Anggota II

Ir. Choirul Anam, MP.
NIP. 196802122005011001

Ir. M.A. Martina Andriani, MS.
NIP. 195005251986092001

Lia Umi Khasanah, ST, MT
NIP. 198007312008012012

Surakarta, Januari 2013

Mengetahui

Universitas Sebelas Maret

Fakultas Pertanian

Dekan

Prof. Dr. Ir. Bambang Pujiasmanto, MS
NIP. 195602251986011001

commit to user

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Penyimpanan Tempe Dengan Metode Modifikasi Atmosfer (*Modified Atmosphere*) Untuk Mempertahankan Kualitas Dan Daya Simpan”**. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa untuk mencapai gelar Sarjana Stratum Satu (S-1) pada program studi Ilmu dan teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Bambang Pujiasmanto, MS selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Ir. Bambang Sigit Amanto, Msi selaku Ketua Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan.
3. Ir. Windi Atmaka, MP selaku Ketua Komisi Sarjana sekaligus Dosen Penguji Skripsi, terima kasih atas masukan, saran dan kritiknya untuk perbaikan penulisan skripsi saya.
4. Ir. Choirul Anam, MP selaku Pembimbing Utama Skripsi yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ir. M.A. Martina Andriani, MS selaku Pembimbing Pendamping Skripsi, yang selalu memberi masukan dan nasihat kepada saya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Lia Umi Khasanah, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Akademik saya.
7. Sri Liswardani, SP, Pak Slamet, Pak Giyo, Pak Joko, terima kasih banyak atas segala bantuannya.
8. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staff Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta atas segala bantuan selama masa perkuliahan penulis.

9. Skripsi ini, saya persembahkan kepada orang tua saya “Bapak dan Ibu” saya atas do’anya yang tak pernah putus, kasih sayang yang tak terhingga, dan pengorbanannya yang tak kan dapat terbalaskan.
10. Kakak-kakak saya (mas anwar, mas harjo, mas tono, mas udin, mb anis, mb watik dan mb runti) yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan senyuman tak terbatas unuk penulis dalam menyelesaikan skripsinya.
11. Sahabat-sahabat seperjuangan; Sakina, Irani, Ipeh, Tyas, Rizkina, Icha, Dhita, Lady, Hani, Intan, Zulfa, Sanah, Zakaria, Toni, Dede, yang telah berkenan menjadi sahabat terbaik penulis satu angkatan 2008 yang bersama berjuang mengakhiri perjalanan studi strata 1 dan mengakhirinya dengan senyuman.
12. Kakak-kakak tingkat yang senantiasa memberikan pencerahan dan memberikan keteladanan terbaik untuk penulis.
13. Adik-adik tingkat terima kasih atas dukungannya.
14. Teman-teman organisasi penulis (BEM FP, FUSI FP, HIMAGHITA dan KSI FP) yang telah banyak memberikan pengalaman tak terhingga dalam mengasah potensi penulis.
15. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan skripsi ini dan memberi dukungan, doa serta semangat bagi penulis untuk terus berjuang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surakarta, Januari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
RINGKASAN	x
SUMMARY.....	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian	3
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	4
1. Tempe.....	4
2. Fermentasi Tempe.....	7
3. Modifikasi Atmosfer	9
4. Kemasan.....	12
B. Kerangka Berpikir	15
C. Hipotesis.....	15
 BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	16
B. Alat dan Bahan	16
1. Alat.....	16
2. Bahan	16
C. Tahapan Penelitian	17

1. Pembuatan Tempe.....	17
2. Penentuan konsentrasi Modifikasi Atmosfer Optimum.....	18
D. Parameter Analisa	19
E. Rancangan Penelitian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Kadar Air	20
B. Derajat Putih	24
C. Kadar pH Tempe	30
D. Kadar Tekstur atau Kekerasan Tempe	33
E. Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan.	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	41
B. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Syarat Mutu Tempe Kedelai Menurut (SNI 3144-2009)	5
Tabel 2.2	Kandungan Gizi Tempe	6
Tabel 2.3	Konsentrasi Modifikasi Atmosfer pada Bahan Pangan	11
Tabel 3.1	Metode Analisis	19
Tabel 3.2	Rancangan Penelitian Penyimpanan Tempe Modifikasi Atmosfer	19
Tabel 4.1	Kadar Air Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan	24
Tabel 4.2	Derajat Putih	22
Tabel 4.3	pH Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan.....	30
Tabel 4.4	Tekstur Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan	33
Tabel 4.5	Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tempe	4
Gambar 2.2	Kerangka Berpikir Penelitian Penyimpanan Tempe Dengan Modifikasi Atmosfer	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Pembuatan Tempa.....	17
Gambar 3.2	Diagram Alir Prosedur Penelitian Tempe Dengan Modifikasi Atmosfer.....	19
Gambar 4.1. (a)	Grafik Hubungan Antara Kadar Air Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polipropilen	22
Gambar 4.1. (b)	Grafik Hubungan Antara Kadar Air Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polietilen.....	22
Gambar 4.2. (a)	Grafik Hubungan Antara Derajat Putih Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polipropilen	26
Gambar 4.2. (b)	Grafik Hubungan Antara Derajat Putih Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polietilen.....	26
Gambar 4.3	Kenampakan Tempe Modifikasi Atmosfer	27
Gambar 4.4. (a)	Grafik Hubungan Antara pH Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polipropilen.	30
Gambar 4.4. (b)	Grafik Hubungan Antara pH Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polietilen	31
Gambar 4.5.(a)	Grafik Hubungan Antara Tekstur Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polipropilen.	33
Gambar 4.5.(b)	Grafik Hubungan Antara Tekstur Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polietilen	34
Gambar 4.6.(a)	Grafik Hubungan Antara Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polipropilen	37
Gambar 4.6.(b)	Grafik Hubungan Antara Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer Dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polietilen.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Analisis.....	48
a. Analisis Kadar Air	48
b. Analisis Derajat Putih	48
c. Analisis pH.....	49
d. Analisis Tekstur	49
e. Analisis Total Kapang.....	50
Lampiran 2 Analisis Data.....	51
a. Kadar Air	51
b. Derajat Putih	56
c. pH.....	57
d. Tekstur.....	58
e. Total Kapang.....	59
Lampiran 3 Hasil Analisis SPSS.....	60
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian	84

**PENYIMPANAN TEMPE DENGAN METODE MODIFIKASI
ATMOSFER (*Modified Atmosphere*) UNTUK MEMPERTAHANKAN
KUALITAS DAN DAYA SIMPAN.**

Siti Muslikhah (H0908143). Pembimbing: Ir. Choirul Anam MP, Ir. MA. Martina
Andriani MS. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Teknologi Pertanian,
Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret.

RINGKASAN

Tempe merupakan produk fermentasi kedelai oleh jamur *Rhizopus orizae* yang digemari masyarakat Indonesia karena kandungan gizi tinggi. Tempe yang baik adalah tempe yang kompak, seluruh tubuh diselubungi miselium kapang berwarna putih, tidak bernoda hitam akibat timbul spora, tidak berlendir, mudah diiris, tidak busuk dan tidak berbau amoniak. Selama penyimpanan tempe akan mengalami penurunan kualitas dan mutu gizi. Salah satu cara untuk mencegah kerusakan tempe selama penyimpanan dilakukan upaya pencegahan dengan pengemasan dan penyimpanan dengan modifikasi atmosfer. Penyimpanan modifikasi atmosfer adalah penyimpanan dimana kandungan O_2 dikurangi dan kandungan CO_2 ditambah dengan pengaturan pengemasan yang menghasilkan kondisi konsentrasi tertentu melalui interaksi permeabilitas gas dan metabolisme tempe yang disimpan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui komposisi O_2 , CO_2 dan N_2 optimum yang dalam penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer dan mengetahui kualitas dan masa simpan tempe dalam penyimpanan dengan modifikasi atmosfer dengan kemasan yang terpilih.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktorial yaitu pengaruh perlakuan konsentrasi udara ($O_2:CO_2 : N_2 : 0\%: 30\%:70\%$), ($O_2:CO_2 : N_2 : 5\%: 30\%:65\%$), ($O_2:CO_2 : N_2 : 10\%: 30\%: 60\%$), ($O_2:CO_2 : N_2 : 15\%: 30\%:55\%$), ($O_2:CO_2 : N_2 : 20\%: 30\%:50\%$) dan kemasan PP (Polypropylen) dan PE (Polyethylen).

Hasil penelitian menunjukkan penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer dengan perlakuan konsentrasi udara dan kemasan memberikan pengaruh pada kadar air, tekstur, derajat putih, pH dan total kapang. Semakin tinggi konsentrasi udara semakin tinggi kadar air, tekstur, pH dan total kapang. Sedangkan kadar air, tekstur, derajat putih, pH dan total kapang semakin menurun seiring masa penyimpanan. Komposisi O_2, CO_2 , dan N_2 optimum yang diperlukan dalam penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer adalah untuk kadar air, derajat putih, pH, tekstur, dan total kapang pada konsentrasi pada 15% $O_2:30\% CO_2:55\% N_2$ dan kemasan yang terbaik adalah kemasan PE (Polietylen).

Kata Kunci: Tempe, Modifikasi Atmosfer, Kemasan, Kualitas dan Daya Simpan

**TEMPE STORAGE BY A METHOD OF MODIFICATION ATMOSPHERE
(Modified Atmosphere) TO MAINTAINING QUALITY AND SAVE LIFE.**

Siti Muslikhah (H0908143). Pembimbing: Ir. Choirul Anam MP, Ir. MA. Martina Andriani MS. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret.

SUMMARY

Tempe is the products of fermented soybeans by fungi Rhizopus orizae which had much cache of Indonesian people because the content of nutrition high. The best tempe is tempe compact, whole body shrouded in white mould mycelium, not stained black due to the spores arise, not slimy, easily sliced, not foul-smelling and ammonia. Storage tempe will decrease the quality and quantity of nutrition. One way to prevent mischief tempe for storage done efforts to prevent with packaging and storage with modification atmosphere. Storage a modification atmosphere is a depository where the content of O₂ reduced and the content of CO₂ coupled with the arrangement of packaging that produces the concentration of certain condition through the interaction of gas permeability and the metabolism of the food that is stored. The research aimed to know composition O₂, CO₂, and N₂ optimum that in storage tempe by method modification atmosphere and know the quality of and the store tempe in storage with modification atmosphere by packaging elected.

The research using Completely Randomized Design (CRD) with two factorials namely concentration influence treatment air (O₂: CO₂ : N₂: 0: 30%: 70%), (O₂: CO₂ : N₂: 5 %: 30 %: 65 %), (O₂: CO₂ : N₂: 10 %: 30 %: 60 % , (O₂: CO₂ : N₂: 15%: 30%, 55%), (O₂: CO₂ : N₂: 20%: 30%: 50%) and packaging PP (Polypropylen) and PE (Polyethylen).

The result showed storage tempe with a method of a modification of the atmosphere by treatment concentration air and packaging gives influence on the water level, texture, degrees white, pH and total mould. The higher concentration air getting high levels water, texture, pH and total mould. Meanwhile, the water level texture, white degree, pH and total mould decreased the storage. The composition of O₂, CO₂, and N₂ optimum storage required in tempe with atmospheric modification method is for white degree, pH, texture and total mould on the concentration of 15% O₂: 30% CO₂: 55% N₂ and the best packaging is packaging PE (Polietylen).

Kata kunci : Tempe, Modification Atmoshere, Packaging, Quality and Save Life

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tempe merupakan produk fermentasi kedelai oleh jamur *Rhizopus orizae* (Ratnawati, 2008). Tempe makanan yang digemari masyarakat Indonesia karena kandungan gizi cukup tinggi mengandung berbagai zat gizi yang bermanfaat bagi kesehatan antara lain karbohidrat, protein, serat, vitamin dan harganya murah. Selain itu tempe merupakan makanan tradisional yang berpotensi sebagai makanan fungsional. Beberapa jenis peptide terdapat pada tempe sebagai senyawa bioaktif, mempunyai fungsi penting bagi kesehatan, misalnya untuk meningkatkan penyerapan kalsium dan zat besi, sebagai senyawa antirombotik, menurunkan kolesterol (Cahyadi, 2006).

Menurut Ratnawati dan Hanafi (2008) kandungan gizi tempe terdiri atas kadar air sebesar 55,3%, kadar abu sebesar 1,6%, kadar lemak 8,8%, karbohidrat sebesar 13,5% dan kadar protein sebesar 20,8%. Tempe yang baik adalah tempe yang kompak, seluruh tubuh diselimuti miselium kapang berwarna putih, tidak bernoda hitam akibat timbul spora, tidak berlendir, mudah diiris, tidak busuk dan tidak berbau amoniak. Selama penyimpanan tempe akan mengalami penurunan kualitas dan mutu gizi seperti kadar protein, karbohidrat, lemak dan mutu gizi lainnya.

Disamping mempunyai kandungan gizi cukup tinggi tempe mempunyai kendala dalam penyimpanan. Tempe tidak dapat disimpan lebih lama, kurang lebih 2 x 24 jam. Hal ini disebabkan karena jamur *Rhizopus* akan mati dan akan tumbuh jamur lain serta bakteri yang dapat merombak protein dalam tempe sehingga menyebabkan bau tidak enak. Bau busuk tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim proteolitik dalam menguraikan protein menjadi peptida atau asam amino secara anaerobik yang menghasilkan H₂S, amoniak, metil sulfida, amina, dan senyawa-senyawa lain

berbau busuk. Salah satu cara untuk mencegah kerusakan tempe selama penyimpanan dilakukan upaya pencegahan dengan pengemasan dan penyimpanan dengan modifikasi atmosfer.

Penyimpanan modifikasi atmosfer adalah penyimpanan dimana kandungan O_2 dikurangi dan kandungan CO_2 ditambah dari udara normal dengan pengaturan pengemasan yang menghasilkan kondisi konsentrasi tertentu melalui interaksi perembesan gas dan metabolisme tempe yang disimpan. Modifikasi atmosfer merupakan cara terbaik untuk memperpanjang umur simpan produk. Gas yang digunakan dalam modifikasi atmosfer adalah oksigen, karbondioksida, nitrogen dalam kombinasi tergantung dengan jenis produk yang dikemas. Disamping untuk keperluan respirasi oksigen juga berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri aerob dan menghambat pertumbuhan bakteri anaerob Nitrogen gas yang bersifat inert yang digunakan sebagai gas pengisi kemasan untuk menjaga kemasan tidak kempes (Dinarwi, 2008).

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi atmosfer dalam penyimpanan tempe dengan mengurangi gas O_2 , menambah gas CO_2 dan menambahkan N_2 . Hal ini dilakukan guna menghasilkan produk tempe yang masih baik selama penyimpanan dan dapat diterima oleh konsumen. Produk yang dihasilkan dari penelitian diharapkan berperan sebagai salah satu cara dalam rangka memperpanjang umur simpan dan mempertahankan mutu tempe selama penyimpanan dengan metode penyimpanan modifikasi atmosfer.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana komposisi O_2 , CO_2 , dan N_2 optimum yang diperlukan dalam penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer?
2. Bagaimana kualitas dan masa simpan tempe dalam penyimpanan dengan modifikasi atmosfer dengan kemasan yang terpilih?

C. Tujuan Penelitian

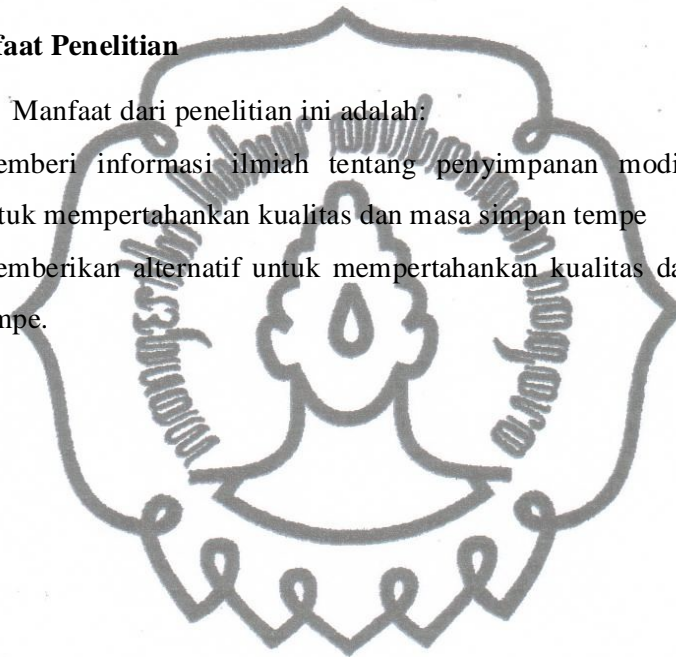
Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui komposisi O₂, CO₂ dan N₂ optimum yang diperlukan dalam penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer?
2. Mengetahui kualitas dan masa simpan tempe dalam penyimpanan dengan modifikasi atmosfer dengan kemasan yang terpilih?

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberi informasi ilmiah tentang penyimpanan modifikasi atmosfer untuk mempertahankan kualitas dan masa simpan tempe
2. Memberikan alternatif untuk mempertahankan kualitas dan masa simpan tempe.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Tempe

Tempe adalah makanan yang banyak nutrisinya, seperti kandungan fitokimia: isoflavon dan saponin serta protein lengkap dengan kandungan asam amino essensial. Indonesia merupakan negara produsen tempe terbesar di dunia dan menjadi pasar kedelai terbesar di Asia. Sebanyak 50 % dari konsumsi kedelai Indonesia dilakukan dalam bentuk tempe, 40 % tahu, dan 10 % dalam bentuk produk lain (seperti tauco, kecap, dan lain-lain). Konsumsi tempe rata-rata per orang per tahun di Indonesia saat ini diduga sekitar 6,45 kg (Anonim,2012).



Gambar 2.1 Tempe

Sumber: Anonim, 2012

Menurut Steinkraus *et al.*, (1960) dalam Nugroho (2007) tempe adalah makanan hasil fermentasi kedelai rebus dengan jamur *Rhizopus*. Kedelai saling terikat oleh miselia jamur yang membentuk padatan yang kompak berwarna putih selama fermentasi. Proses pembuatan tempe melibatkan tiga faktor pendukung, yaitu bahan baku yang dipakai (kedelai), mikroorganisme (kapang tempe), dan keadaan lingkungan tumbuh (suhu, pH, dan kelembaban). Dalam proses fermentasi tempe kedelai, substrat yang digunakan adalah keping-keping biji kedelai yang telah direbus dan mikroorganisme yang digunakan berupa kapang antara lain *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus stolonifer* (dapat

terdiri atas kombinasi dua spesies atau ketiganya) dan lingkungan pendukung yang terdiri dari suhu 30°C, pH awal 6.8, kelembaban nisbi 70-80% (Hidayat, 2008).

Warna putih pada tempe disebabkan adanya miselia jamur yang tumbuh pada permukaan biji kedelai. Tekstur yang kompak juga disebabkan oleh miselia-miselium jamur yang menghubungkan antara biji-biji kedelai tersebut (Kasmidjo, 1990). Proses fermentasi menyebabkan terdegradasinya protein menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul yang lebih sederhana yang dapat terdeteksi dengan semakin meningkatkannya N terlarut dan N amino, karena kapang *Rhizopus oligosporus* dan *Rhizopus oryzae* memiliki enzim protease untuk memecah protein menjadi asam-asam amino bebas (Steinkraus et al 1965 dalam Ernawati, 2012).

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 3144-2009), tempe kedelai adalah produk makanan hasil fermentasi biji kedelai oleh kapang tertentu, berbentuk padatan kompak dan berbau khas serta berwarna putih atau sedikit keabu-abuan.

Tabel 2.1 Syarat Mutu Tempe Kedelai Menurut (SNI 3144-2009)

Kriteria Uji	Persyaratan
Keadaan	
Bau	Normal (khas tempe)
Warna	Normal
Rasa	Normal
Air (% b/b)	Maks 65
Abu (%b/b)	Maks 1,5
Lemak (%b/b)	Maks 10
Protein (%b/b) (Nx6,25)	Min 16
Serat Kasar (% b/b)	Maks 2,5
Cemaran mikroba	
E.coli	Maks 10
Salmonella	Negative

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2009)

Tempe berpotensi untuk melawan radikal bebas, sehingga dapat menghambat proses penuaan dan mencegah terjadinya penyakit degeneratif (aterosklerosis, jantung koroner, diabetes melitus, kanker, dan

lain-lain). Selain itu tempe juga mengandung zat antibakteri penyebab diare, penurun kolesterol darah, hipertensi, dan lain-lain. Komposisi gizi tempe baik kadar protein, lemak, dan karbohidratnya tidak banyak berubah dibandingkan dengan kedelai. Namun, karena adanya enzim pencernaan yang dihasilkan oleh kapang tempe, maka protein, lemak, dan karbohidrat pada tempe menjadi lebih mudah dicerna di dalam tubuh dibandingkan yang terdapat dalam kedelai (Anonim, 2012).

Cahyadi, (2006), melaporkan bahwa dalam tempe, kadar nitrogen totalnya sedikit bertambah, kadar abu meningkat, tetapi kadar lemak dan kadar nitrogen asal proteinnya berkurang. Kandungan gizi tempe terlihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Kandungan Gizi Tempe

Komposisi	Jumlah (per 100 gram bahan)
Air	55,3
Protein	20,8
Lemak	8,80
Karbohidrat	13,5
Abu	1,60

Sumber: (Puslitbang Gizi Depkes RI, 2000) dalam (Retnawati, 2008)

Tempe juga mengandung *superoksida desmutase* yang dapat menghambat kerusakan sel dan proses penuaan. Dalam sepotong tempe, terkandung berbagai unsur yang bermanfaat, seperti protein, lemak, hidrat arang, serat, vitamin, enzim, daidzein, genestein serta komponen antibakteri dan zat antioksidan yang berkhasiat sebagai obat, diantaranya genestein, daidzein, fitosterol, asam fitat, asam fenolat, lesitin dan inhibitor protease (Cahyadi, 2006).

Perubahan mutu gizi selama penyimpanan terutama disebabkan oleh aktivitas enzim dan mikroorganisme sehingga tidak layak lagi dikonsumsi. Aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan sangat dipengaruhi antara lain oleh suhu dan kandungan oksigen (Ratnawati, 2008).

2. Fermentasi Tempe

Fermentasi adalah suatu proses metabolisme yang menghasilkan produk-produk pecahan baru dan substrat organik karena adanya aktivitas atau kegiatan mikroba. Fermentasi adalah perubahan kimia dalam bahan makanan yang disebabkan oleh enzim dari kedelai yang mengandung enzim lipoksidase. Kapang tempe bersifat aerob obligat membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya, sehingga apabila dalam proses fermentasi itu kurang oksigen maka pertumbuhan kapang akan terhambat dan proses fermentasinya pun tidak berjalan lancar. Oleh karena itu, pada pembungkus tempe biasanya dilakukan penusukan dengan lidi yang bertujuan agar oksigen dapat masuk dalam bahan tempe. Sebaliknya jika dalam proses fermentasinya kelebihan oksigen, dapat menyebabkan proses metabolismenya terlalu cepat sehingga suhu naik dan pertumbuhan kapang terhambat (Kusharyanto dan Budiyanto, 1995) dalam (Puji, 2009).

Fermentasi kedelai menjadi tempe oleh *R. Oligosporus* terjadi pada kondisi aerob. Hasil fermentasi tergantung pada fungsi bahan pangan atau substrat mikroba dan kondisi sekelilingnya yang mempengaruhi pertumbuhannya. Adanya fermentasi dapat menyebabkan beberapa perubahan sifat kedelai. Senyawa yang dipecah dalam proses fermentasi adalah karbohidrat. Dalam proses fermentasi tempe kedelai, substrat yang digunakan adalah keeping-keeping biji kedelai yang telah direbus, mikroorganismenya berupa kapang tempe *R. oligosporus*, *R. oryzae*, *R. stolonifer* (dapat kombinasi dua spesies atau tiga-tiganya), dan lingkungan pendukung yang terdiri dari suhu 30 °C, pH awal 6,8 serta kelembaban nisbi 70-80 % (Sarwono, 2005) dalam (Puji, 2009).

Babu *et al.* (2009) dalam (Dwi, 2010) menyatakan bahwa pada prinsipnya ada 2 hal penting yang terjadi selama fermentasi kedelai menjadi tempe yaitu miselium menyelubungi permukaan kedelai hingga menjadi produk yang kompak dan kedelai dicerna oleh enzim yang dihasilkan kapang. Keuntungan dari fermentasi tempe antara lain meningkatkan nilai gizi dan aktivitas antioksidan makanan, makanan hasil fermentasi lebih mudah dicerna dan cita rasanya lebih baik (Hudaya dan Daradjat, 1982) dalam (Dwi, 2010).

Menurut Kasmidjo (1990) dalam (Dwi, 2010) proses fermentasi tempe dapat dibedakan atas tiga fase yaitu: (a) Fase pertumbuhan cepat (0-30 jam fermentasi), pada fase ini terjadi kenaikan jumlah asam lemak bebas, kenaikan suhu, pertumbuhan kapang cepat dan menghasilkan miselia pada permukaan biji kedelai semakin lama semakin lebat, sehingga membentuk massa yang lebih kompak: (b) fase transisi (30-50 jam fermentasi), fase ini merupakan fase optimal fermentasi tempe dan siap untuk dipasarkan. Pada fase ini terjadi penurunan suhu, jumlah asam lemak yang dibebaskan dan pertumbuhan kapang hampir tetap atau bertambah dalam jumlah kecil, flavor spesifik tempe optimal, serta tekstur lebih kompak: (c) fase pembusukan atau fermentasi lanjut (50-90 jam fermentasi), pada fase ini terjadi kenaikan jumlah bakteri dan jumlah asam lemak bebas, pertumbuhan kapang mulai menurun dan pada kadar air tertentu pertumbuhan kapang terhenti serta terjadi perubahan flavor karena degradasi protein lanjut sehingga terbentuk amoniak. Proses pembuatan tempe melibatkan 3 faktor pendukung, yaitu bahan baku yang dipakai (kedelai), mikroorganisme (kapang tempe), dan keadaan lingkungan tumbuh (suhu, pH, dan kelembaban).

Daya tahan tempe juga dipengaruhi oleh temperatur ruang tempat penyimpanan. Pada suhu rendah, proses metabolisme peragian lanjut akan terhambat, misalnya di dalam lemari pendingin. Tempe dapat tahan disimpan selama 3 hari tanpa adanya perubahan warna dan rasa. Namun, pada hari kelima, warna akan berubah menjadi kekuning-kuningan dan bau busuk akan mulai muncul (Suprati, 2003).

3. Modifikasi Atmosfer

Modified atmosphere adalah salah satu cara penyimpanan untuk mengatur faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kegiatan metabolik dan fisiologis komoditas yang disimpan (Sutrisno, 1999). Teknik modifikasi atmosfer adalah pengubahan komposisi udara dengan pengurangan atau penambahan gas tertentu ke dalam udara normal (20.95 % O₂, 0.03% CO₂ dan 78.08% N₂) yaitu menjadi udara modifikasi (0% O₂, 30% CO₂, 70% N₂).

Teknik modifikasi atmosfer adalah sesuatu cara penyimpanan di mana tingkat konsentrasi O_2 lebih rendah dan tingkat konsentrasi CO_2 lebih tinggi bila dibandingkan dengan udara normal. Hal ini dapat dicapai dengan pengaturan melalui kemasan. Pada prakteknya ada dua macam penyimpanan modifikasi atmosfer yaitu aktif dan pasif. Dalam penyimpanan modifikasi atmosfer pasif keseimbangan antara CO_2 dan O_2 didapat melalui pertukaran udara di dalam kemasan melalui film kemasan. Jadi keseimbangan yang diinginkan tidak dikontrol pada awalnya melainkan mengandalkan permeabilitas dari kemasan yang digunakan. Sedangkan penyimpanan modifikasi atmosfer aktif adalah penyimpanan dengan modifikasi atmosfer dimana udara di dalam kemasan pada awalnya dikontrol dengan cara menarik semua udara di dalam kemasan untuk diisi dengan udara dan konsentrasi yang telah diatur dengan menggunakan alat, sehingga keseimbangan langsung tercapai. Dalam penyimpanan modifikasi atmosfer permeabilitas kemasan memegang peran penting karena pertukaran gas terjadi lewat kemasan yang digunakan (Syarief, 1993).

Modifikasi atmosfer dapat menghambat pelayuan, menurunkan laju respirasi dan menurunkan laju pelunakan jaringan. Modifikasi atmosfer juga dapat menghambat pencoklatan (browning) akibat oksidasi, penyimpanan atau perubahan warna, dan pelunakan berbagai jenis buah. Karbondioksida dapat menghambat aktivitas enzim polifenol oksidase yang menyebabkan terjadinya oksidasi senyawa fenol dan menghasilkan senyawa yang berwarna gelap. Namun apabila konsentrasi oksigen yang terlalu rendah dapat mengubah pola respirasi dari aerobik menjadi anaerobik, yang akan menimbulkan berbagai kerusakan yang tidak dikehendaki. Menurut Kader (1980) dalam Kendriyanto (2002) toleransi relatif pada buah dan sayuran terhadap penurunan oksigen dan peningkatan karbondioksida sebagai metabolisme dan respirasi.

Modifikasi telah terbukti cukup fleksibel secara kecil merupakan cara memperpanjang masa simpan makanan segar, seperti makanan

nonrespiring seperti daging, keju, atau kacang. Modifikasi atmosfer melibatkan mengganti udara normal dalam produk kemasan dengan suasana tertentu suasana umumnya terdiri dari N_2 , O_2 , dan CO_2 . Meskipun udara biasa terutama terdiri dari tiga gas (N_2 78%, O_2 21%, CO_2 0,04%), yang menguntungkan dari penyimpanan modifikasi atmosfer diperoleh dengan menerapkan gas dalam konsentrasi berbeda, mungkin akan berbeda untuk produk yang berbeda (Gorris dan Peppelenbos, 1992).

Kemasan modifikasi atmosfer roti dikenal untuk memperpanjang umur simpan. Pengurangan oksigen merupakan salah satu penggunaan utama dari kemasan aktif dan kemasan modifikasi atmosfer untuk makanan steril. Meskipun CO_2 tidak diketahui mematikan mikroorganisme, itu telah menunjukkan kedua sifat bakteriostatik dan fungistatik dan akan menghambat pertumbuhan organisme aerobik tertentu. Untuk penyimpanan roti modifikasi atmosfer dapat diubah, yang paling sering terdiri dari CO_2 sendiri atau campuran CO_2 dan N_2 . Namun, efek dari kemasan modifikasi atmosfer berpengaruh pada perubahan kualitas fisio-kimia yang terjadi selama penyimpanan roti (Sourki et al., 2010).

Modifikasi atmosfer dalam kemasan dapat mengontrol reaksi-reaksi enzimatis, atau mikrobiologis, sehingga mereduksi atau mengeliminasi proses-proses utama kerusakan produk. Modifikasi atmosfer dapat dipergunakan untuk bermacam-macam produk termasuk daging, sosis dan salami, produk-produk masak, keju, susu bubuk, kopi, jus buah, dan banyak lagi. Keuntungan modifikasi atmosfer: perpanjangan umur simpan meningkatkan skala ekonomi produksi, efisiensi manajemen dan biaya transpor, pemasaran lebih luas, menjamin kualitas produk secara maksimal tanpa mempengaruhi penampilan estetis, namun aplikasi teknik ini membutuhkan mesin pengepakan dengan karakteristik khusus (Ali, 2008).

Beberapa hasil penelitian penyimpanan dan atmosfer termodifikasi menghasilkan rekomendasi pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Konsentrasi Modifikasi Atmosfer Pada Bahan Pangan

No	Produk	Suhu (°C)	Konsentrasi Modifikasi Atmosfer (%)		
			O ₂	CO ₂	N ₂
1	Irisan Strowberry	4,8,12, 15	80	20	0
			5	30	65
2	Fior keju latte	10	5	30	65
3	Keju stracciatella	4	5	75	0
4	Salad caprese	4	5	30	65
			30	30	40
5	Daging segar	5, 15	0	100	0
			20	80	0
6	Daging ayam segar	4	5	30	65

Sumber: (Mastromatteo, 2010)

Menurut Saputra (1999) dalam Adnan (2006) menggunakan gas N₂ 85%, CO₂ 5% dan O₂ 10% serta kombinasi N₂ 85%, CO₂ 10% dan O₂ 5% untuk modifikasi atmosfer penyimpanan buah duku yang disimpan suhu 8°C dan 13°C, pada kondisi tersebut tidak terjadi perubahan rasa dan aroma yang tidak enak pada daging buah walau terjadi perubahan warna kulit buah dari kuning menjadi coklat. Teknologi modifikasi atmosfer ini dapat disimpulkan tidak dapat mencegah pencoklatan kulit buah duku.

Penggunaan O₂ dalam kemasan modifikasi atmosfer dapat menghambat pertumbuhan bakteri perusak yang menjadi penyebab terjadinya ketengikan pada minyak ikan dan makarel. Gas O₂ dalam produk red meat digunakan untuk menjaga warna merah daging O₂ (30%) dalam modifikasi atmosfer untuk bagian lean pada spesies ikan untuk mengurangi driplos dan perubahan warna. Secara alami O₂ didahulukan dimasukan ke dalam kemasan modifikasi atmosfer dari produk pilihan untuk mengurangi resiko pertumbuhan bakteri aerob patogen.

Nitrogen (N₂) merupakan gas yang digunakan dalam modifikasi atmosfer sebagai gas pengisi karena kelarutannya rendah. N₂ tidak larut air dan lemak daya terserap dalam produk. N₂ digunakan untuk menggantikan O₂ dari udara dalam kemasan sensitive dengan O₂ untuk menunda ketengikan oksidasi, untuk menghambat pertumbuhan bakteri aerob dan sebagai alternatif kemasan vakum (Fellows, 2000) dalam (Fitrianti, 2007).

Karbondioksida merupakan gas yang sangat penting dalam kemasan modifikasi atmosfer sebagai bakteriosatik dan fungistatik selain dapat menghambat pertumbuhan bakteri perusak dengan meningkatkan konsentrasi CO₂ dalam atmosfer. CO₂ mempunyai daya larut yang besar dalam air dan lemak. Peningkatan konsentrasi CO₂ diikuti dengan penurunan suhu (Knoche, 1980) dalam Fitrianti (2007). Kandungan CO₂ dalam modifikasi atmosfer dapat menghambat pertumbuhan bakteri perusak aerob. CO₂ menghambat pertumbuhan pada fase log dan waktu generasi yang ada. Konsentrasi CO₂ minimum 20% dalam kemasan dapat memperbaiki umur simpan.

Menurut Ho et al., (1987) dalam Fitrianti (2007) konsentrasi CO₂ dalam makanan tergantung pada kandungan air dan lemak dalam makanan, dan pada tekanan parsial CO₂ dalam atmosfer. Penghambatan pertumbuhan mikroorganisme pada modifikasi atmosfer ditentukan oleh konsentrasi CO₂ yang larut dalam produk. Setelah kemasan dibuka CO₂ akan menguap secara perlahan dari produk dan secara berkesinambungan untuk menekan pengawetan dan pengaruh residu CO₂.

4. Kemasan

Pengemasan merupakan proses terakhir dari produksi dengan tujuan untuk menjamin produk ke tangan konsumen (Winarno, 1993). Kemasan plastik memiliki beberapa keunggulan karena sifatnya tahan panas, tetapi ringan, inert, tidak karat dan bersifat thermoplastik (heat seal) serta dapat diberi warna. Kemasan merupakan komponen penting dalam teknik modifikasi atmosfer. Kemasan yang dipergunakan dalam modifikasi atmosfer dapat memberikan fungsi melindungi, memiliki kekuatan, jernih. Namun yang paling penting dalam pengemasan modifikasi atmosfer adalah permeabilitasnya terhadap oksigen dan karbondioksida (Zagory, 1995) dalam (Sugiarto, 2005).

Polypropilene merupakan kemasan yang lebih kaku dan kuat (Sacharow, 1980) dalam (Galih, 2011). Kemasan plastik yang tersedia di pasaran lebih permeable terhadap CO₂ daripada O₂, yang menyebabkan

laju akumulasi CO_2 dari respirasi lebih sedikit dibandingkan laju penyusutan O_2 . Dalam kemasan yang rapat semua O_2 bebas dalam waktu singkat akan terpakai habis, pernapasan menjadi anaerob dan akan terbentuk zat-zat menguap seperti alkohol dan CO_2 .

Polypropilene adalah resin paling terang diantara semua bahan pengemas, tidak baik untuk mengemas produk yang mudah menguap. Permeabilitas polypropilene terhadap O_2 pada suhu 10°C adalah $3.2 \text{ ml } \mu / \text{cm}^2 \text{ hari atm}$ dan banyak digunakan di pabrik kontainer untuk aplikasi penyimpanan makanan minuman. Film polipropilen lebih kasar dari polietilen, mencair dan kering pada saat pembakaran (Syarief, 1989) dalam (Dardanella, 2007).

Syarief *et al.* (1989) dalam Kemala, (2006) menyatakan sifat plastik polipropilen antara lain kaku, ringan, daya tembus terhadap uap airnya rendah, permeabilitas gas sedang, mempunyai ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil pada suhu tinggi dan cukup mengkilap. Hambali *et al.* (1990) dalam Kemala (2006) menambahkan polipropilen mempunyai densitas yang sangat rendah, mempunyai kekuatan tarik yang sangat tinggi, kekakuan dan tidak mudah sobek serta ketahanan kikis yang lebih besar dari polietilen, lebih transparan dengan permukaan halus, tahan terhadap asam dan basa kuat, tahan pelarut pada suhu normal kecuali oleh karbon terklorinasi.

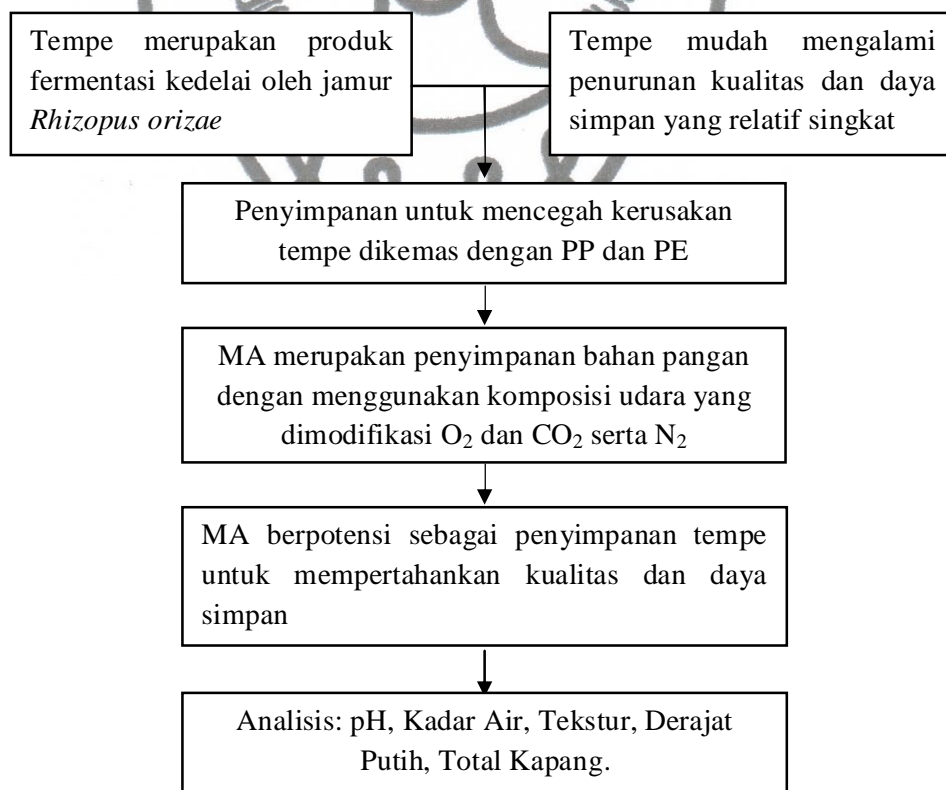
Polietilene adalah jenis kemasan yang paling banyak digunakan dalam industri pengemasan. Polietilene merupakan polimerisasi dari etilen yang berupa padatan yang jernih dan dalam bentuk film bersifat transparan. Dengan pemanasan polietilen menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C . Salah satu sifat yang paling penting dari polietilen adalah permeabilitasnya yang rendah terhadap uap air. Polietilen juga bersifat thermoplastik sehingga mudah dibuat kemasan dengan derajat kerapatan yang baik (Syarief *et al.*, 1989) dalam Kemala (2006).

Polietilen bersifat flaksibel, dan mempunyai kekuatan bentur baik. Selain itu polietilen memiliki sifat permeabilitas yang rendah, mempunyai

ketebalan 0.001 sampai 0.01 inchi yang banyak digunakan sebagai pengemasan makanan. Penyimpanan modifikasi atmosfer menggunakan plastic polietilen berhasil memperpanjang umur simpan berbagai pisang dengan ketebalan 0.08 mm mempunyai daya simpan lebih panjang sekitar 13 hari dari kondidi normal suhu kamar (Salunkhe, 1976) dalam (Anggraeni, 2008).

Jenis kemasan yang biasa digunakan dalam pengemasan dengan modifikasi adalah polyethylene merupakan jenis kemasan yang banyak digunakan pada industri pengemasan. Menurut Will et all (1981) dalam Anggraeni (2008) kemasan polietilen baik digunakan untuk system modifikasi atmosfer karena permeabilitas polietilen terhadap gas CO₂ lebih besar daripada O₂ sehingga lagu akumulasi gas CO₂ sekitar bahan lebih kecil daripada penyerapan O₂.

B. Kerangka Berpikir



Gambar 2. 2. Kerangka Berpikir Penelitian Penyimpanan Tempe Dengan Modifikasi Atmosfer

C. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Komposisi O_2 , CO_2 dan N_2 optimum dapat berpengaruh dalam penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer
2. Penyimpanan dengan modifikasi atmosfer serta kemasan yang terpilih berpengaruh pada kualitas dan daya simpan tempe.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Rekayasa dan Proses Pengolahan Pangan, Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret dan Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan Hasil Pertanian Institut Pertanian Bogor. Waktu pelaksanaan penelitian Bulan September 2012 sampai dengan November 2012.

B. Alat dan Bahan

1. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan antara lain :

- a. Pembuatan tempe : dandang, kompor, peniris, tampah, dan plastik
- b. Analisa pH: pengukur pH meter
- c. Analisa tekstur: Rheo meter
- d. Analisa warna: Whitenessmeter
- e. Penentuan komposisi O_2 , CO_2 dan N_2 : *Cosmotector* tipe *XP -314B* dan *Cosmotector* tipe *XPO-318* untuk mengukur konsentrasi CO_2 , O_2 , N_2 ,
- f. Analisa kadar air : botol timbangan, krus porselen, tanur, desikator
- g. Analisa total kapang : erlenmeyer, tabung reaksi, *laminar flow*, *inkubator*, cawan petri, pemanas, bunsen, kapas, dan stop watch.

2. Bahan Penelitian.

Bahan utama penelitian ini ialah kedelai diperoleh di pasar tradisional di Surakarta seperti Pasar Gede Surakarta. Bahan yang digunakan antara lain :

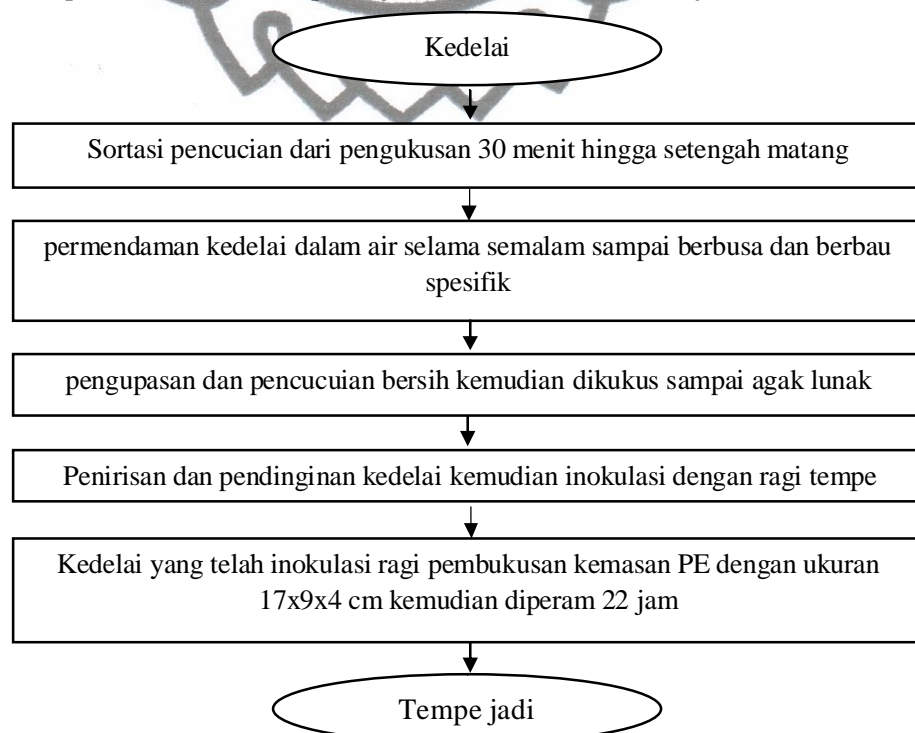
- a. Bahan yang digunakan untuk pembuatan tempe: kedelai, ragi tempe.
- b. Gas CO_2 dan O_2 serta N_2 untuk mengisi kemasan
- c. Perhitungan total kapang: NaCl steril, media tumbuh PDA

- d. Kemasan jenis PE (Polyetilen), PP (Polypropilen) untuk modifikasi atmosfer dengan ketebalan 0,05mm dan untuk pembungkus tempe jenis kemasan PE (Polyetilen) dengan ketebalan 0.01mm.

C. Tahap Penelitian

1. Pembuatan Tempe

Sortasi dan pencucian kedelai hingga bersih dari kotoran kemudian pengukusan kedelai selama 30 menit hingga setengah matang perendaman kedelai dalam air rebusan selama semalam hingga timbul busa dan bau spesifik. Setelah perendaman kemudian pengupasan dan pencucian kedelai hingga bersih. Tahap selanjutnya pengukusan selama 45-60 menit hingga matang lunak. Penirisan dan pendinginan kedelai lunak dengan cara diangin-anginkan. Inokulasi kedelai dengan ragi sebanyak 1% dari bahan dasar kedelai. Setelah inokulasi pemasukan kedelai ke dalam plastik PE dengan ketebalan 0,01 mm yang telah dilubangi dengan ukuran 17x9x4 cm kemudian tempe diletakkan pada tampah kemudian ditutup dengan kertas kain selama 22 jam.



Gambar 3.1 Diagram Alur Pembuatan Tempe
commit to user

2. Penentuan Konsentrasi Modifikasi Atmosfer Optimum

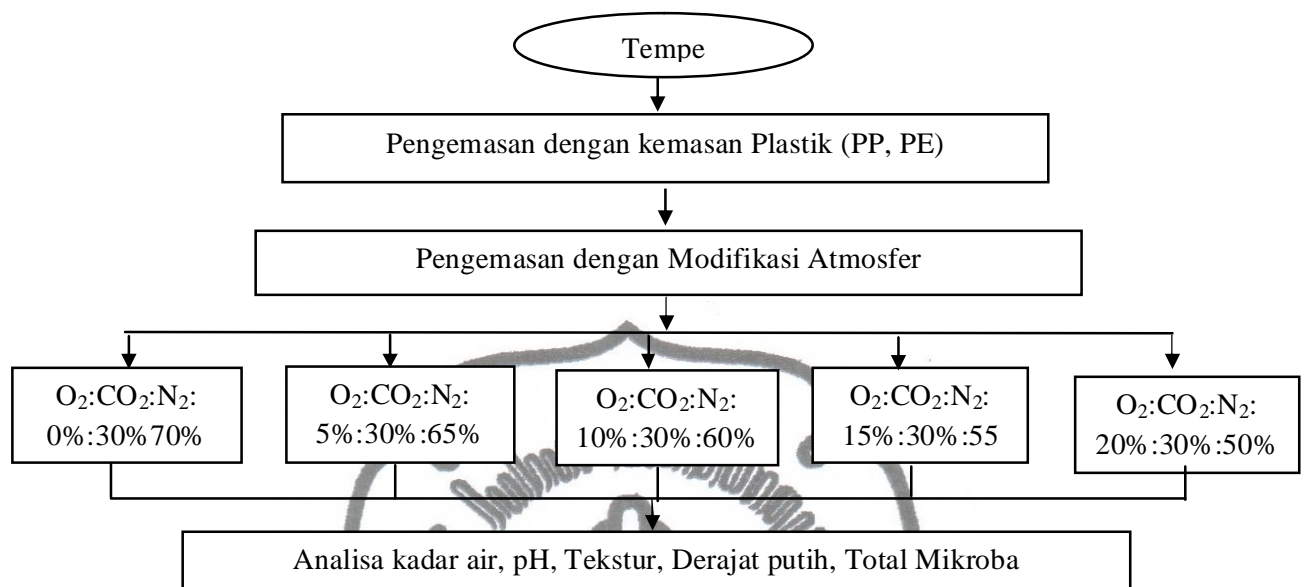
Penentuan konsentrasi CO₂ dan N₂ optimum dilakukan adalah sebagai berikut:

- i. Konsentrasi O₂:CO₂: N₂: 0%:30%:70%
- ii. Konsentrasi O₂:CO₂: N₂: 5%:30%:65%
- iii. Konsentrasi O₂:CO₂: N₂: 10%:30%:60%
- iv. Konsentrasi O₂:CO₂: N₂: 15%:30%:55%
- v. Konsentrasi O₂:CO₂: N₂: 20%:30%:50% (Mastromatteo,2010).

Pengendalian komposisi udara dilakukan diawal dengan memasukkan gas O₂, CO₂, dan N₂ serta mengeluarkan udara dari dalam kemasan plastik. Kemasan yang digunakan adalah PP dan PE dengan ketebaln 0,05 mm. Untuk mendapatkan komposisi gas sesuai dengan yang telah ditetapkan dilakukan pengukuran konsentrasi gas O₂, CO₂ dan N₂ secara bersamaan menggunakan Cosmotector tipe XP -314B dan Cosmotector tipe XPO-318.

Tempe jadi dengan ukuran 17x9x4cm dimasukkan ke dalam kemasan PP dan PE kemudian disealer. Kemasan yang telah disealer dipotong untuk memasukan alat pengukur gas O₂, CO₂, dan N₂ agar udara dalam kemasan keluar dan memasukkan udara yang ditentukan dengan menggunakan alat Cosmotector tipe XP -314B dan Cosmotector tipe XPO-318. Setelah tercapai komposisi modifikasi yang telah ditentukan kemasan kembali disealer. Kemudian tempe modifikasi atmosfer disimpan dalam suhu ruang.

Pengamatan penelitian ini dilakukan setiap hari selama penyimpanan untuk kualitas dan daya simpan tempe adalah analisa kadar air, pH, tekstur, derajat putih dan total kapang setiap hari hingga tempe dalam keadaan tidak optimal. Setiap perlakuan dilakukan dalam 3 kali ulangan.



Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Penelitian Tempe Dengan Modifikasi Atmosfer

D. Parameter Analisa

Dalam penelitian penyimpanan tempe dengan modifikasi atmosfer dilakukan 5 pengujian yaitu pengujian kadar air, pH, tekstur, derajat putih dan total mikroba

Tabel 3.1 Metode Analisa

No	Macam	Metode
1.	Kadar Air	Thermogravimetri (Sudarmadji, 1989)
2.	pH	Elektrometrik (SNI, 2006)
3.	Tekstur	Puncture (Nowsad, 2000)
4.	Derajat Putih	Reflective Indeks (Whitenessmeter)(Husniati, 2010)
5	Total Kapang	Pour plate Media PDA (Fardiaz, 1992)

E. Rancangan Penelitian

Rancangan Percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktorial yaitu pengaruh perlakuan kemasan dan konsentrasi udara yang digunakan (O_2 , CO_2 dan N_2). Masing-masing perlakuan di buat tiga ulangan dan dua kali ulangan analisa. Data yang diperoleh dianalisa statistik dengan metode ANOVA, jika terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji beda nyata menggunakan analisa

Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Variasi perlakuan yang diberikan pada penelitian ini adalah penggunaan kemasan dan konsentrasi udara yang digunakan **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Rancangan Penelitian Penyimpanan Tempe Modifikasi Atmosfer

No	Perlakuan	Kemasan (Q)	
	Konsentrasi Udara (P)	PP(1)	PE(2)
1	O ₂ :CO ₂ : N ₂ : 0%:30%:70% (1)	P1Q1	P1Q2
2	O ₂ :CO ₂ : N ₂ : 5%:30%:65% (2)	P2Q1	P2Q2
3	O ₂ :CO ₂ : N ₂ : 10%:30%:60% (3)	P3Q1	P3Q2
4	O ₂ :CO ₂ : N ₂ : 15%:30%:55% (4)	P4Q1	P4Q2
5	O ₂ :CO ₂ : N ₂ : 20%:30%:50% (5)	P5Q1	P5Q2

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

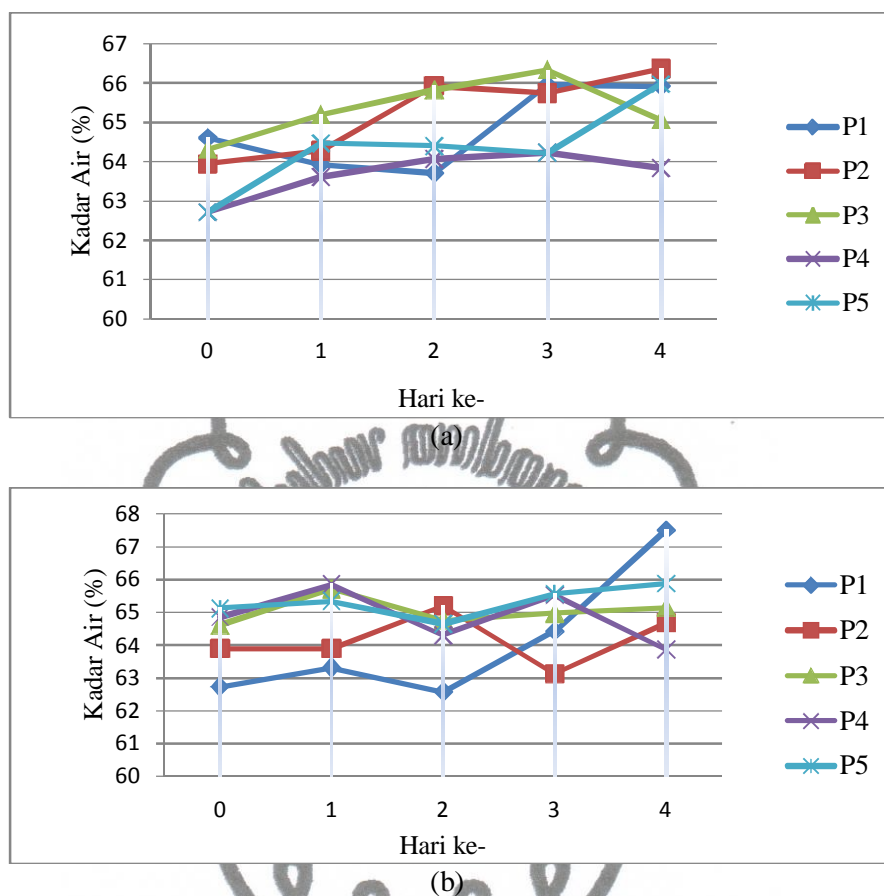
A. Kadar Air

Air merupakan komponen yang penting dalam bahan pangan yang dapat mempengaruhi kualitas suatu produk. Air dapat mempengaruhi kenampakan, tekstur dan cita rasa produk. Kadar air merupakan parameter utama dalam kerusakan bahan pangan, baik yang segar maupun diawetkan. Kandungan air mempengaruhi sifat fisik, kimia, mikrobiologi dan enzimatis pada bahan makanan. Kandungan air yang tinggi dalam bahan pangan menyebabkan daya tahan bahan pangan rendah begitu juga sebaliknya semakin rendah kandungan kadar airnya maka daya tahan bahan pangan akan semakin tinggi (Winarno, 1997). Kandungan air dalam bahan makanan mempengaruhi daya tahan bahan makanan terhadap serangan mikroba yang dinyatakan dengan A_w yaitu jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Pada penelitian ini kadar air dikeluarkan atau dikurangi dengan cara pengeringan. Kadar air tempe modifikasi atmosfer selama penyimpanan dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Kadar Air Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan

Kemasan	Komposisi Udara (O ₂ :CO ₂ :N) (%)	Kadar Air (%)				
		Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
Polypropilen	0:30:70	64.6082 ^a	63.9306 ^a	63.7097 ^a	65.9564 ^a	65.9188 ^a
	5:30:65	63.9469 ^a	64.2821 ^a	65.9299 ^a	65.7489 ^a	66.3681 ^a
	10:30:60	64.3133 ^a	65.1886 ^a	65.8272 ^a	66.3306 ^a	65.0573 ^a
	15:30:55	62.7180 ^a	63.6080 ^a	64.0705 ^a	64.2264 ^a	63.8383 ^a
	20:30:50	62.7161 ^a	64.4704 ^a	64.4043 ^a	64.2258 ^a	65.9749 ^a
Polyetilen	0:30:70	62.7275 ^a	63.3158 ^a	62.5777 ^a	64.4220 ^a	67.5076 ^a
	5:30:65	63.8916 ^a	65.1955 ^b	65.1955 ^b	63.1244 ^a	64.6702 ^a
	10:30:60	64.6040 ^a	64.7591 ^b	64.7592 ^b	64.9723 ^a	65.1462 ^a
	15:30:55	64.8509 ^a	64.2999 ^b	64.2999 ^b	65.5174 ^a	63.8648 ^a
	20:30:50	65.1198 ^a	64.6439 ^a	64.6439 ^b	65.5542 ^a	65.8812 ^a

Keterangan: Subscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$.



Gambar 4.1. (a) Grafik Hubungan Antara Kadar Air Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polypropilen
(b) Grafik Hubungan Antara Kadar Air Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polyetilen

Keterangan : Komposisi udara O₂:CO₂:N₂:

P1=0:30:70

P2=5:30:65

P3=10:30:60

P4=15:30:55

P5=20:30:50

Dari **Gambar 4.1 (a)** kadar air tempe dengan modifikasi atmosfer selama penyimpanan pada kemasan polypropilen meningkat seiring dengan meningkatnya waktu penyimpanan kecuali P1 mengalami penurunan hingga hari ke-2 sebesar 63,7% kemudian meningkat menjadi 65,9%. Trend grafik kadar air yang terjadi yaitu peningkatan kadar air semakin meningkat. Hal ini

commit to user

terlihat dari P1 mengalami peningkatan menjadi 66%. P2, P3, P4 dan P5 terjadi hal yang sama meningkat mencapai $\pm 65\%$. Pada **Gambar 4.1 (b)** kadar air tempe dengan modifikasi atmosfer selama penyimpanan pada kemasan polyetilen mengalami fluktuatif tiap harinya, pada P2 mengalami peningkatan pada hari ke-2 sebesar 65,2% kemudian mengalami penurunan hingga 63,1% pada hari ke-4. Kadar air pada P4 dan P5 terlihat lebih tinggi kadar airnya sekitar $>65\%$ dibandingkan dengan kadar air pada P1 dan P2 sekitar $<65\%$ (64,4% dan 63,1%).

Berdasarkan **Tabel 4.1** kadar air tempe modifikasi atmosfer pada kemasan polypropilen selama penyimpanan menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap komposisi udara modifikasi. Sedangkan kadar air tempe modifikasi atmosfer pada kemasan polyetilen terlihat bahwa kadar air tempe pada hari ke-0, ke-3 dan ke-4 menunjukkan tidak beda nyata terhadap komposisi modifikasi atmosfer, sementara kadar air tempe pada hari ke-2 dan hari ke-3 menunjukkan bahwa komposisi $0\%O_2:30\%CO_2:70\%N_2$ berbeda nyata dengan $5\%O_2:30\%CO_2:65\%N_2$, $10\%O_2:30\%CO_2:60\%N_2$ dan $15\%O_2:30\%CO_2:55\%N_2$. Selama perendaman kedelai menyerap air. Dalam proses tersebut akan terjadi gerakan air dari luar ke dalam biji dan sebaliknya dalam rangka mencapai keseimbangan. Peningkatan kadar air akan merangsang proses perkecambahan biji. Pada proses tersebut terjadi proses mobilisasi pada enzim endogen sehingga mial aktif perombakan perombakan. Selain itu mikroorganisme juga aktif dan berkembang biak dalam air perendaman, senyawa-senyawa yang keluar dari biji untuk substrat pertumbuhannya sehingga perubahan kimia dan biokimia dalam biji akan mengakibatkan penurunan oligosakarida. Senyawa gula dapat mendorong terjadinya perkecambahan spora *Rhizopus oligosporus*. Diduga pula peningkatan kadar monosakarida mendorong tumbuhnya bakteri dalam fermentasi tempe oleh jamur tempe, yang akan menimbulkan flavor pada tempe.

Kadar air tempe berkisar 62,5%-67,5%. Batas maksimum kadar air tempe yang diperbolehkan SNI 3144: 2009 sebesar 65%. Selama proses

fermentasi perubahan kadar air setelah 24 jam kadar air kedelai menurun menjadi sekitar 61% dan setelah 40 jam akan meningkat menjadi 64% (Sudarmaji, 1977). Pengaruh perubahan kadar air kedelai sebelum fermentasi dipengaruhi oleh pertumbuhan kapang. Menurut hasil penelitian Kemala (2006) tempe memiliki kandungan air cukup tinggi berkisar 56.52% hingga 64,77%. Hal serupa diungkapkan Shurleff W, dan A Aoyagi dalam Saputra (2006) kadar air tempe segar berkisar 55-65%.

Kadar air tempe modifikasi atmosfer pada kemasan polypropilen lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air modifikasi atmosfer kemasan polyetilen. Kadar air tempe pada kemasan polypropilen berkisar 62,7%-66,3% sedangkan 62,7%-65,1%. Permeabilitas plastik terhadap oksigen turut berperan dalam hal ini. Kemasan PE memiliki permeabilitas yang lebih tinggi sebesar 55 ($\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm}/\text{det}/\text{cmHg}$) daripada Polypropilen (PP) yang sebesar 23 ($\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm}/\text{det}/\text{cmHg}$).

Kemasan PP (Polypropilen) memiliki daya lindung yang lebih baik terhadap produk yang dikemas sehingga uap air yang dari luar tidak dapat masuk ke dalam kemasan sedangkan uap air yang ada di dalam kemasan dimanfaatkan tempe untuk melakukan fermentasi. Sedangkan oksigen yang di dalam kemasan tidak dapat keluar dari kemasan, sehingga dapat mempengaruhi metabolisme tempe. Semakin besar kadar oksigen semakin tinggi kecepatan dalam fermentasi sehingga mempercepat penambahan kadar air dalam tempe dalam kemasan PP. Menurut Mudjisihono et al. (2001) dalam Rahayu (2007) jenis kemasan plastik polyetilen efektif dapat menghambat perubahan kadar air selama penyimpanan benih caisin (*Brassica chinensis* L.).

B. Derajat Putih

Tempe memiliki warna putih dari hasil pertumbuhan miselium pada tempe. Derajat putih adalah pengukuran warna putih tempe dengan menggunakan Whitenessmeter Model C-100. Standar derajat putih yang digunakan Whitenessmeter menggunakan BaSO_4 dengan nilai derajat putih

sebesar 84%. Nilai derajat putih adalah perbandingan dari nilai derajat putih sampel dengan nilai derajat putih standar BaSO₄ dikalikan 100%.

Pengujian derajat putih yang dilakukan selama penyimpanan hari ke-0, sampai ke-4. Hasil pengujian derajat putih selama penyimpanan dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Derajat Putih Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan

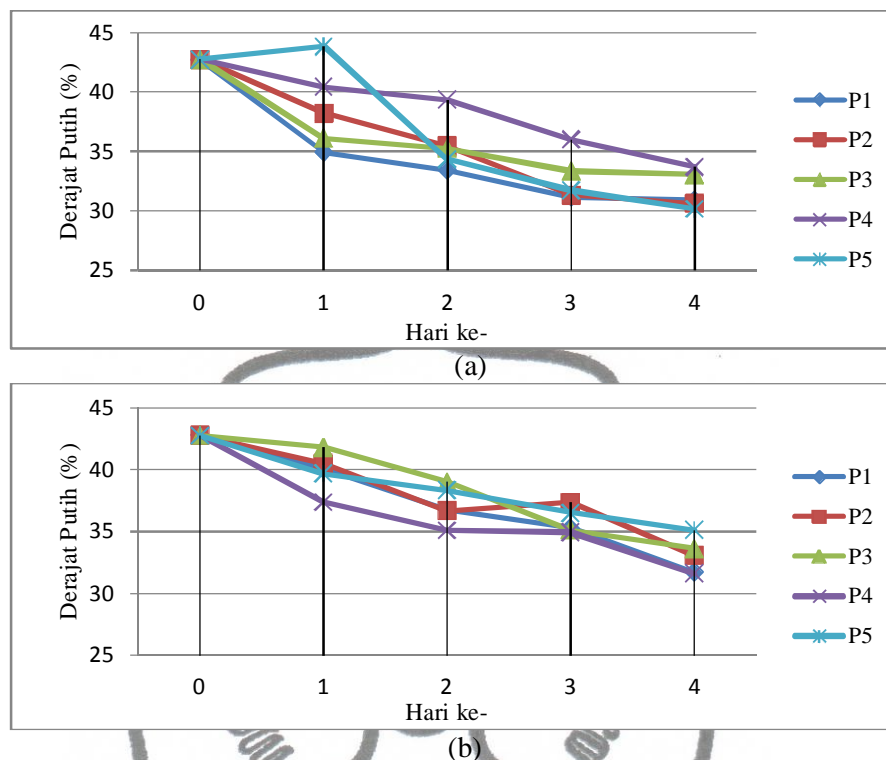
Kemasan	Komposisi	Derajat Putih (%)				
	Udara	Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
	(O ₂ :CO ₂ :N ₂) (%)					
Polypropilen	0:30:70	42.7539 ^a	34.9206 ^a	33.4126 ^a	31.1508 ^a	30.8730 ^a
	5:30:65	42.7539 ^a	38.2142 ^a	35.4365 ^a	31.3095 ^a	30.5952 ^a
	10:30:60	42.7539 ^a	36.1111 ^a	35.2381 ^a	33.3333 ^a	33.0158 ^a
	15:30:55	42.7539 ^a	40.4365 ^a	39.3650 ^a	35.9920 ^a	33.6904 ^a
	20:30:50	42.7539 ^a	43.8492 ^a	34.3254 ^a	31.7063 ^a	30.1587 ^a
Polyetilen	0:30:70	42.7539 ^a	40.0396 ^a	36.7460 ^a	35.2777 ^a	31.7063 ^a
	5:30:65	42.7539 ^a	40.4762 ^a	36.6667 ^a	37.3412 ^a	33.0555 ^a
	10:30:60	42.7539 ^a	41.7857 ^a	39.0079 ^a	35.1190 ^a	33.6111 ^a
	15:30:55	42.7539 ^a	37.3809 ^a	35.0793 ^a	34.9206 ^a	31.5873 ^a
	20:30:50	42.7539 ^a	39.6825 ^a	38.3333 ^a	36.5079 ^a	35.1190 ^a

Keterangan: Subscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf $\alpha=0,05$.

Berdasarkan **Tabel 4.2** bahwa derajat putih tempe modifikasi atmosfer selama penyimpanan menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap komposisi modifikasi atmosfer kecuali pada hari ke-0 derajat putih komposisi 20% O₂:30% CO₂:50% N₂ berbeda nyata terhadap komposisi 10% O₂:30% CO₂:60% N₂. Tingginya derajat putih tempe dapat dipengaruhi pertumbuhan kapang sebagai metabolisme. Miselia-miselial kapang akan tumbuh menyelimuti permukaan tempe sehingga tempe tampak putih dan kompak. Proses fermentasi tempe sangat dipengaruhi oleh oksigen. Fermentasi tempe merupakan fermentasi aerob yang memerlukan oksigen untuk metabolisme.

Dari **Gambar 4.2 (a)** diketahui bahwa trend derajat putih tempe semakin menurun seiring masa penyimpanan. P1 derajat putih sebesar 43% turun menjadi 30%. **Gambar 4.2 (b)** diketahui trend derajat putih semakin menurun seiring masa penyimpanan, hal tersebut dapat terlihat pada P1 37,9% menjadi 31,7%.

commit to user

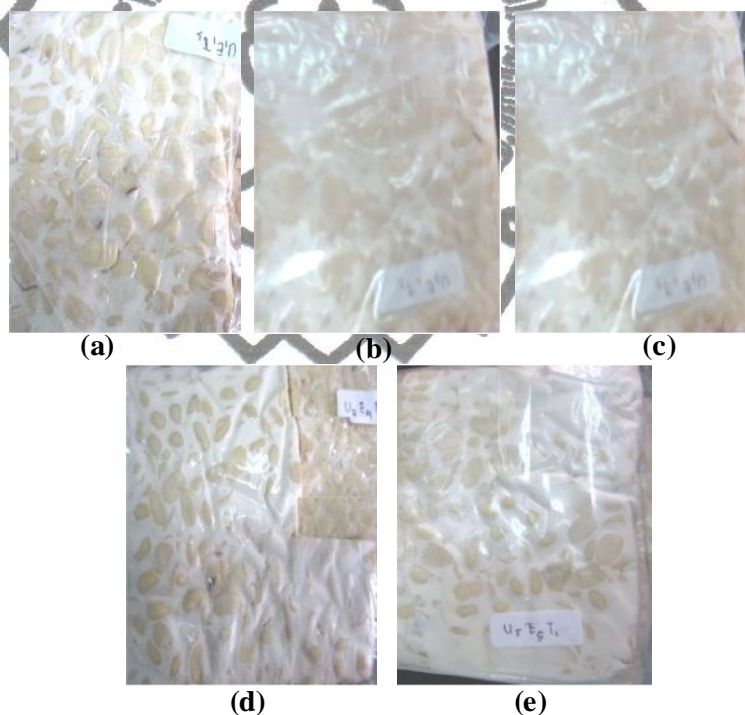


Gambar 4.2. (a) Grafik Hubungan Antara Derajat Putih Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polypropilen
(a) Grafik Hubungan Antara Derajat Putih Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polytilen

Keterangan : Komposisi udara $O_2:CO_2:N_2$:
 P1=0:30:70
 P2=5:30:65
 P3=10:30:60
 P4=15:30:55
 P5=20:30:50

Tingkat kecerahan warna tempe berkurang akibat adanya kerusakan struktur miselium kapang yang memberikan warna putih pada tempe dan pembentukan warna coklat pada kedelai. Penurunan derajat putih tempe selama penyimpanan ini diakibatkan adanya reaksi yang menimbulkan warna coklat, diantaranya reaksi Maillard. Reaksi Maillard adalah reaksi antar karbohidrat khususnya gula reduksi, dengan gugus amina primer, seperti asam amino. Gula pereduksi berasal dari pemecahan karbohidrat komplek oleh kapang, dan asam amino berasal dari pemecahan protein oleh kapang.

Peningkatan asam amino bebas dalam tempe mempengaruhi fermentasi tempe oleh jamur karena menstimulus perkecambahan spora dan pertumbuhan jamur *Rhizopus oligosporus*. Seperti monosakarida asam amino bebasa akan menstimulus pertumbuhan bakteri yang ikut memberi flavor. Faktor utama yang menentukan kualitas tempe bahwa tempat pembungkusan dapat menghasilkan tempe yang baik adalah aerasi dan kelembaban. Selama fermentasi aerasi harus dijaga dengan baik sehingga ketersediaan oksigen mencukupi untuk pertumbuhan akan tetapi apabila pemberian udara yang berlebihan yang akan menyebabkan mempercepat pertumbuhan *Rhizopus*. Semakin cepat pertumbuhan *Rhizopus* semakin mempercepat terbentuknya warna abu-abu yang akan mempercepat pembusukan.



Gambar 4.3 Kenampakan Putih Tempe Modifikasi Atmosfer

Keterangan: a. Tempe dengan komposisi udara $O_2:CO_2:N_2$: 0%:30%:70%
b. Tempe dengan komposisi udara $O_2:CO_2:N_2$: 5%:30%:65%
c. Tempe dengan komposisi udara $O_2:CO_2:N_2$: 10%:30%:60%
d. Tempe dengan komposisi udara $O_2:CO_2:N_2$: 15%:30%:55%
e. Tempe dengan komposisi udara $O_2:CO_2:N_2$: 20%:30%:50%

Dari **Gambar 4.3 (a)** tempe masih terlihat biji-biji kedelai. Miselium dalam tempe belum tumbuh secara maksimal. **(b)** dan **(c)** tempe sudah mulai terlihat kompak, hal ini menunjukkan bahwa miselium sudah mulai tumbuh. Sedangkan **(d)** dan **(e)** tempe sudah kompak dan putih, hal ini miselium sudah tumbuh dengan maksimum. Semakin rendah kadar oksigen semakin mempertahankan warna putih tempe selama penyimpanan. Adanya oksigen digunakan oleh kapang *Rhizopus* untuk fermentasi kedelai. Proses fermentasi tempe sangat dipengaruhi oleh oksigen. Fermentasi tempe merupakan fermentasi aerob yang memerlukan oksigen untuk respirasi dari kapang tempe. Kapang tempe melakukan pertumbuhan secara berlahan sehingga derajat putih secara berlahan meningkat.

Tempe yang baik dicirikan oleh permukaan yang ditutupi oleh miselium kapang (benang-benang halus) secara merata, kompak, dan berwarna putih. Warna tempe dipengaruhi oleh miselium kapang. Kondisi kemasan dapat mempertahankan difusi udara yang optimum dan mencegah terjadinya sporulasi yang menimbulkan warna hitam pada tempe sehingga putih miselium dapat untuk waktu yang lebih lama.

Penurunan perubahan warna juga terjadi akibat degradasi yang terjadi pada miselium kapang yang membentuk matriks dengan protein. Tempe yang bermutu tinggi masih bewarna putih. Selain itu, belum terbentuk spora kapang yang bewarna abu-abu kehitaman dan aroma amoniak. Tempe yang baik dicirikan oleh permukaan yang ditutupi oleh miselium kapang (benang-benang halus) secara merata, kompak, dan berwarna putih. Antar butiran kacang kedelai dipenuhi oleh miselium dengan ikatan yang kuat dan merata, sehingga bila diiris tempe tersebut tidak hancur (Syarief et al., 1999)

Pengemasan dapat menjamin dam aerasi merata dan terus-menerus dan sekaligus untuk menjaga kelembaban tetap tinggi tanpa menimbulkan pengembunan (Hidayat, 2006) yang akan mempertahankan warna dari putih tempe akan tahan lebih lama. Kemasan PE lebih baik dibandingkan dengan kemasan PP disebabkan adanya permeabilitas dari udara yang ada di dalam

kemasan tersebut. Jenis plastik yang paling banyak digunakan adalah plastik polyethilen dan polypropilen karena harganya murah, kuat bersifat kedap air, memudahkan penanganan dalam distribusi serta bahan bakunya mudah diperoleh. Permeabilitas plastik polypropilen terhadap O₂, CO₂, maupun H₂O lebih rendah daripada plastik polyethilen.

Kondisi kemasan dapat mempertahankan difusi uap air yang optimum dan mencegah terjadinya sporulasi yang menimbulkan warna abu-abu atau hitam pada tempe sehingga warna putih dapat bertahan untuk waktu yang lama. Semakin bertambahnya masa penyimpanan tempe semakin akan memperlambat pertumbuhan kapang sehingga jumlah kapang menurun dan akan terjadi perubahan flavor yang tidak enak karena protein terjadi degradasi lebih lanjut menjadi amoniak. Oleh karena itu pemilihan bahan pengemas yang sesuai merupakan faktor penting karena berhubungan dengan umur simpan yang dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, konsentrasi O₂, dan CO₂ (Susanto, 1994).

C. Kadar pH Tempe

Hasil pengujian pH pada tempe selama penyimpanan dapat dilihat dari Tabel 4.3.

Tabel 4.3 pH Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan

Kemasan	Komposisi Udara (O ₂ :CO ₂ :N ₂) (%)	pH				
		Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
Polypropilen	0:30:70	5.72 ^a	5.87 ^a	5.71 ^a	5.54 ^a	5.64 ^{ab}
	5:30:65	5.64 ^a	5.64 ^a	5.64 ^a	5.64 ^a	5.64 ^{ab}
	10:30:60	5.34 ^a	5.54 ^a	5.59 ^a	5.50 ^a	5.51 ^a
	15:30:55	5.67 ^a	5.90 ^a	5.69 ^a	5.86 ^a	5.95 ^b
	20:30:50	5.57 ^a	5.77 ^a	5.68 ^a	5.73 ^a	5.94 ^a
Polyetilen	0:30:70	5.83 ^b	5.67 ^a	5.52 ^{ab}	5.65 ^a	5.80 ^a
	5:30:65	5.70 ^{ab}	5.75 ^a	5.99 ^c	5.75 ^a	5.65 ^a
	10:30:60	5.80 ^a	5.74 ^a	5.69 ^{abc}	5.66 ^a	5.80 ^a
	15:30:55	5.75 ^{ab}	5.81 ^a	5.88 ^{bc}	5.52 ^a	5.75 ^a
	20:30:50	5.41 ^a	5.40 ^a	5.39 ^a	5.66 ^a	5.63 ^a

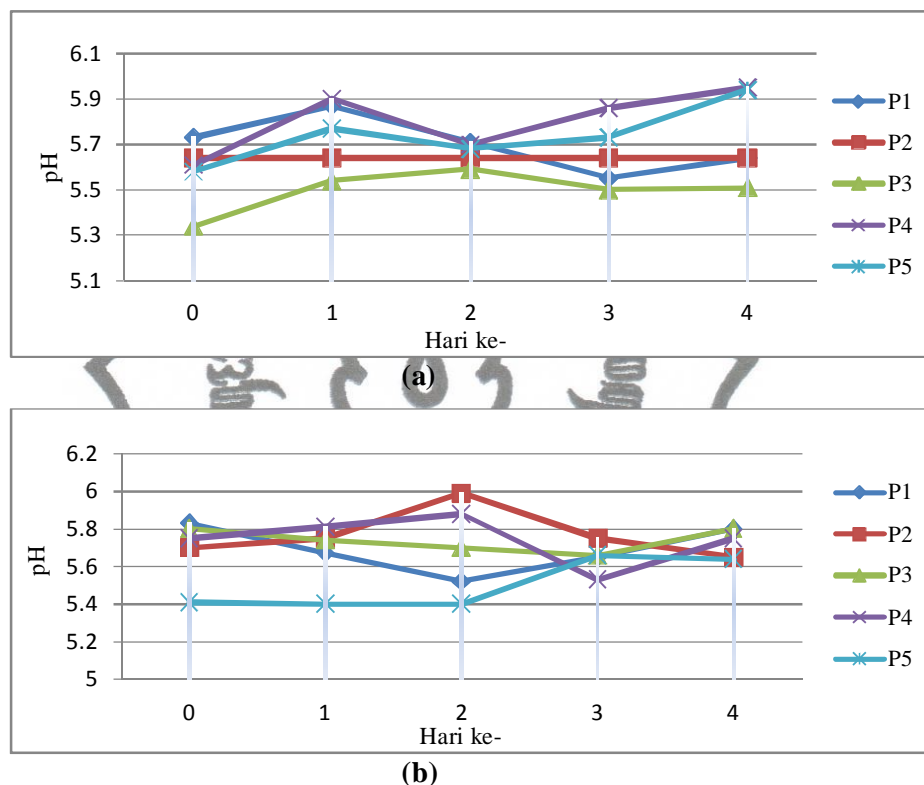
Keterangan: Subscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$.

Tempe digolongkan bahan pangan asam rendah (pH diatas 4,5). Menurut penelitian Saputra (2006) kadar pH tempe segar 5,62- 5,68. Nilai pH tempe segar berkisar 6,33 hingga 6,50 (Ferdiaz, 1992). Dilihat dari **Gambar 4.4(a)** trend pH terlihat mengalami kenaikan kemudian mengalami penurunan pada hari ke-2 sekitar $\pm 5,7$ kemudian naik kembali terkecuali pH P2 yang stabil 5,6. Sementara itu dari **Gambar 4.4 (b)** P2, dan P4 mengalami kenaikan hingga hari ke-2 sebesar (5,99 dan 5,88) kemudian mengalami penurunan dihari ke-3 menjadi (5,75 dan 5,53) pada hari ke-4 menjadi (5,65 dan 5,75). Trend pH tempe modifikasi atmosfer selama penyimpanan meningkat kemudian terjadi penurunan.

Berdasarkan **Tabel 4.3** bahwa kadar pH tempe modifikasi atmosfer menunjukkan tidak beda nyata terhadap komposisi modifikasi atmosfer. Selama proses fermentasi karbohidrat dan protein akan dipecah oleh kapang menjadi bagian-bagian yang lebih mudah larut, mudah dicerna. Semakin lama fermentasi semakin menurun kualitas tempe. Penurunan pH pada tempe terkait dengan terbentuknya asam. Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu indikator kerusakan tempe akibat pembentukan sanyawa amonia. Penurunan pH juga akan menyebabkan penurunan daya ikat air dari protein tempe. Semakin lama masa penyimpanan maka nilai pH semakin meningkat, hal ini disebabkan penyimpanan pada suhu ruang akan memicu proses degradasi asam amino menjadi amina (Kemala, 2006).

Semakin lama waktu fermentasi, pH tempe semakin meningkat sampai pH 8,4, sehingga jamur semakin menurun karena pH tinggi kurang sesuai untuk pertumbuhan jamur. Bila pH kedelai melampaui 7, amoniak yang terbebaskan tidak lagi dapat menetralkan, akan menimbulkan bau busuk. pH tinggi sekaligus membuka kesempatan untuk tumbuh dan berkembangbiaknya bakteri pembusuk semakin cepat. Aktivitas mikrobiologi yang semakin tinggi baik olah jamur maupun bakteri pembusuk akan meningkatkan mikroba dalam tempe, yang akan menimbulkan gangguan pertumbuhan jamur tempe. Apabila kedelai memiliki pH awal yang rendah pada saat fermentasi tempe dimulai, akan tersedia banyak cadangan

keasaman untuk mentralkan amoniak yang terbentuk selama fermentasi hingga jamur tempe tumbuh lebih lama. Selama pH tempe rendah, bakteri pembusuk akan terhambat pertumbuhannya dan pertumbuhan jamur tempe serta menghambat bakteri pembusuk sehingga tempe terjamin akan menghasilkan kualitas terbaik.



Gambar 4.4. (a) Grafik Hubungan Antara pH Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polypropilen
(a) Grafik Hubungan Antara pH Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polyetilen

Keterangan : Komposisi udara O₂:CO₂:N₂:
 P1=0:30:70
 P2=5:30:65
 P3=10:30:60
 P4=15:30:55
 P5=20:30:50

Kenaikan kadar pH menurut Hidayat (2006) diakibatkan adanya degradasi protein kedelai menjadi asam amino oleh aktivitas enzim proteolitik kapang akan diuraikan menjadi asan-asam amino, sehingga

nitrogen terlarutnya akan mengalami peningkatan dari 0,5% menjadi 2,5%. Adanya peningkatan nitrogen terlarut mengakibatkan terjadinya peningkatan pH. Nilai pH yang baik pada tempe berkisar 6,3-6,5. Kedelai yang telah difermentasi menjadi tempe yang mudah dicerna karena banyak bahan yang mudah larut.

Secara umum jamur juga membutuhkan air untuk pertumbuhannya tetapi kebutuhan air pada jamur lebih sedikit dari pada bakteri. Selain pH dan kadar air yang kurang sesuai dengan pertumbuhan jamur, jumlah nutrisi dalam bahan juga dibutuhkan oleh jamur. *Rhizopus oligosporus* menghasilkan enzim-enzim protease. Perombakan senyawa kompleks protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana adalah penting dalam fermentasi tempe, dan merupakan salah satu faktor utama penentu kualitas tempe, yaitu sebagai sumber protein nabati yang memiliki nilai cerna yang amat tinggi.

D. Kadar Tekstur atau Kekerasan Tempe

Tekstur atau kekerasan adalah parameter kekerasan dan kenampakan pada tempe yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan rheometer. Tujuan pengukuran dari tekstur atau kekerasan tempe untuk mengetahui pengaruh oksigen terhadap tingkat tekstur atau kekerasan pada tempe selama penyimpanan. Tekstur merupakan salah satu atribut mutu pangan yang penting. Tekstur dapat didefinisikan sebagai kelompok karakteristik fisik yang disebabkan oleh struktur bahan pangan, muncul melalui sentuhan, berkaitan dengan deformasi, dan aliran bahan pangan oleh suatu gaya, dan diukur secara objektif sebagai fungsi dari massa, waktu, dan jarak. Hasil pengujian kadar tekstur tempe selama penyimpanan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tekstur tempe pada **Gambar 4.5** diketahui bahwa kadar udara dalam kemasan yang digunakan mempengaruhi tekstur tempe selama penyimpanan. Hal itu terlihat dari **Gambar 4.5 (a)** berat beban yang digunakan untuk menimbulkan tekanan pada tempe kemasan polypropilen pada hari ke-0 P1,

P2, P3, P4 dan P5 sebesar (0.573, 0.39, 0.283, 0.57 dan 0.6 kgf) menjadi (0.14, 0.22, 0.143, 0.146, dan 0.176 kgf) dihari ke-4.

Tabel 4.4 Tekstur Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan

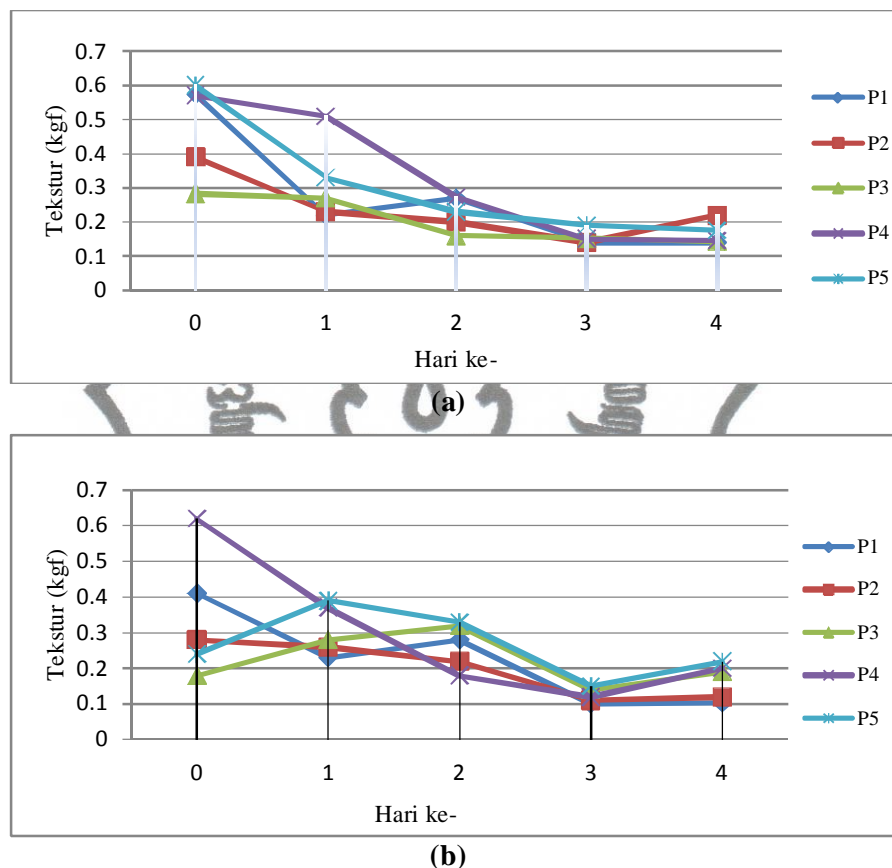
Kemasan	Komposisi Udara (O ₂ :CO ₂ :N ₂) (%)	Tekstur (Kgforce)				
		Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
Polypropilen	0:30:70	0.573 ^a	0.220 ^a	0.273 ^a	0.140 ^a	0.140 ^a
	5:30:65	0.390 ^a	0.230 ^a	0.200 ^a	0.140 ^a	0.220 ^a
	10:30:60	0.283 ^a	0.270 ^a	0.160 ^a	0.153 ^a	0.143 ^a
	15:30:55	0.570 ^a	0.510 ^a	0.273 ^a	0.150 ^a	0.146 ^a
	20:30:50	0.600 ^a	0.330 ^a	0.230 ^a	0.190 ^b	0.176 ^{ab}
Polyetilen	0:30:70	0.410 ^d	0.230 ^a	0.28 ^{ab}	0.100 ^a	0.103 ^a
	5:30:65				0.110 ^a	
		0.280 ^c	0.270 ^b	0.22 ^{ab}		0.120 ^{ab}
	10:30:60	0.180 ^a	0.510 ^d	0.32 ^b	0.140 ^c	0.190 ^{bc}
	15:30:55	0.620 ^e	0.370 ^c	0.18 ^a	0.120 ^b	0.200 ^{bc}
	20:30:50	0.240 ^b	0.390 ^c	0.33 ^b	0.150 ^c	0.220 ^c

Keterangan: Subscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan **Tabel 4.4** diketahui bahwa tekstur tempe modifikasi atmosfer menunjukkan tidak beda nyata terhadap komposisi modifikasi atmosfer kecuali tekstur tempe pada kemasan polyetilen hari ke-0 dan hari ke-2. Tekstur tempe modifikasi atmosfer dengan komposisi 0% O₂:30% CO₂:70% N₂ menunjukkan berbeda nyata terhadap modifikasi atmosfer komposisi 5% O₂:30% CO₂:65% N₂. Tekstur tempe pada komposisi 10% berbeda nyata terhadap tekstur tempe komposisi 15% O₂:30% CO₂:55% N₂ begitu juga dengan tekstur tempe pada komposisi 20% O₂:30% CO₂:50% N₂. Hal serupa pada hari ke-1 tekstur tempe 0% O₂:30% CO₂:70% N₂ berbeda nyata terhadap tekstur 5% O₂:30% CO₂:65% N₂.

Gambar 4.5 (b) berat beban yang digunakan untuk menimbulkan tekanan pada tempe kemasan polyetilen pada hari ke-0 P1, P2, P3, P4 dan P5 sebesar (0.41, 0.28, 0.18, 0.62 dan 0.24 kgf) menjadi (0.103, 0.1, 0.19, 0.2 dan 0.22 kgf) dihari ke-4. Dari **Gambar 4.5** dapat diketahui bahwa semakin tinggi kadar oksigen semakin keras tekstur tempe. Semakin lama masa

penyimpanan tempe dalam modifikasi atmosfer semakin lunak tekstur tempe seiring dengan bertambah masa penyimpanan. Hal ini terlihat bahwa kadar tekstur tempe hari ke-0 sebesar 0.573 dan 0.41(kgf) sedangkan hari ke-4 sebesar 0.14 dan 0.103(kgf) pada P1.



Gambar 4.5. (a) Grafik Hubungan Antara Tekstur Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polypropilen
(b) Grafik Hubungan Antara Tekstur Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polyetilen

Keterangan : Komposisi udara O₂:CO₂:N₂:

P1=0:30:70

P2=5:30:65

P3=10:30:60

P4=15:30:55

P5=20:30:50

Menurut Hidayat (2006) menyatakan bahwa tekstur kedelai akan lunak yang disebabkan oleh penurunan selulosa menjadi bentuk yang lebih sederhana yang digunakan hifa kapang sebagai nutrisi dan hifa kapang akan menyelubungi permukaan kedelai yang rapat dan kompak serta berbau jamur yang segar. Semakin lama hifa kapang yang berwarna putih menyelubungi kedelai maka semakin kompak mengikat kedelai satu dengan yang lainnya menjadi satu kesatuan. Hal ini terjadi pada masa transisi fermentasi tempe. Pada masa ini tempe tampak kompak dan secara keseluruhan diselubungi oleh hifa-hifa kapang dan fermentasi akan berlanjut hingga asam-asam amino dalam kedelai semakin berkurang karena terdegradasi oleh aktivitas enzim proteolitik yang menyebabkan tekstur semakin menurun.

Tekstur tempe semakin lunak seiring masa penyimpanan. Proses pelunakan tempe akibat proses pemanasan disebabkan oleh perubahan sifat fisik dan fungsional dari protein, lemak, pati dan miselium pada tempe. Proses pelunakan pada bahan pangan yang kaya protein dapat disebabkan adanya koagulasi dan kehilangan daya ikat air dari protein. Selain itu dispersi lemak juga dapat menyebabkan tekstur tempe mengalami pelunakan. Proses pelarutan pektin yang ada pada kacang kedelai juga dapat menyebabkan pelunakan tekstur kedelai pada tempe (Suhenni, 2009). Pengaruh pemanasan yang dapat mempengaruhi tekstur tempe dalam penyimpanan tempe ini adanya penyimpanan dengan suhu kamar suhu sekitar 25-30°C sehingga mempermudah pelunakan dari tempe tersebut.

Syarif *et al.* (1999) dalam Harnani (2009) menyatakan bahwa tempe yang baik dicirikan oleh permukaan yang ditutupi oleh miselium kapang (benang-benang halus) secara merata, kompak, dan berwarna putih. Antar butiran kacang dipenuhi oleh miselium dengan ikatan yang kuat dan merata, sehingga bila diiris tempe tersebut tidak hancur. Tekstur tempe segar dipengaruhi oleh bahan baku dan efektivitas proses fermentasi. Tekstur kedelai yang lunak akan memicu pertumbuhan miseliumnya banyak sehingga akan mengurangi matriks dari kedelai membentuk tempe yang lebih kompak. Selain itu jumlah kedelai

dapat mempengaruhi tekstur, semakin banyak kedelai semakin banyak subtract yang digunakan dalam pertumbuhan *Rhizopus* sehingga tekstur lebih kompak.

Kemasan PE lebih baik dibandingkan dengan kemasan PP terhadap kadar tekstur tempe modifikasi atmosfer. Hal ini disebabkan adanya perbedaan daya permeabilitas oksigen. PE lebih rendah permeabilitas oksigen sehingga perukaran secara difusi uap air di luar kemasan lebih mudah masuk ke dalam kemasan. Sementara kemasan PP lebih tinggi permeabilitasnya sehingga lebih rendah difusi antar uap air dalam dan luar kemasan.

E. Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan

Tujuan dari analisa total kapang pada penyimpanan tempe modifikasi atmosfer adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh modifikasi atmosfer pada pertumbuhan kapang tempe. Total kapang pada tempe MAP menurun seiring dengan lamanya penyimpanan dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

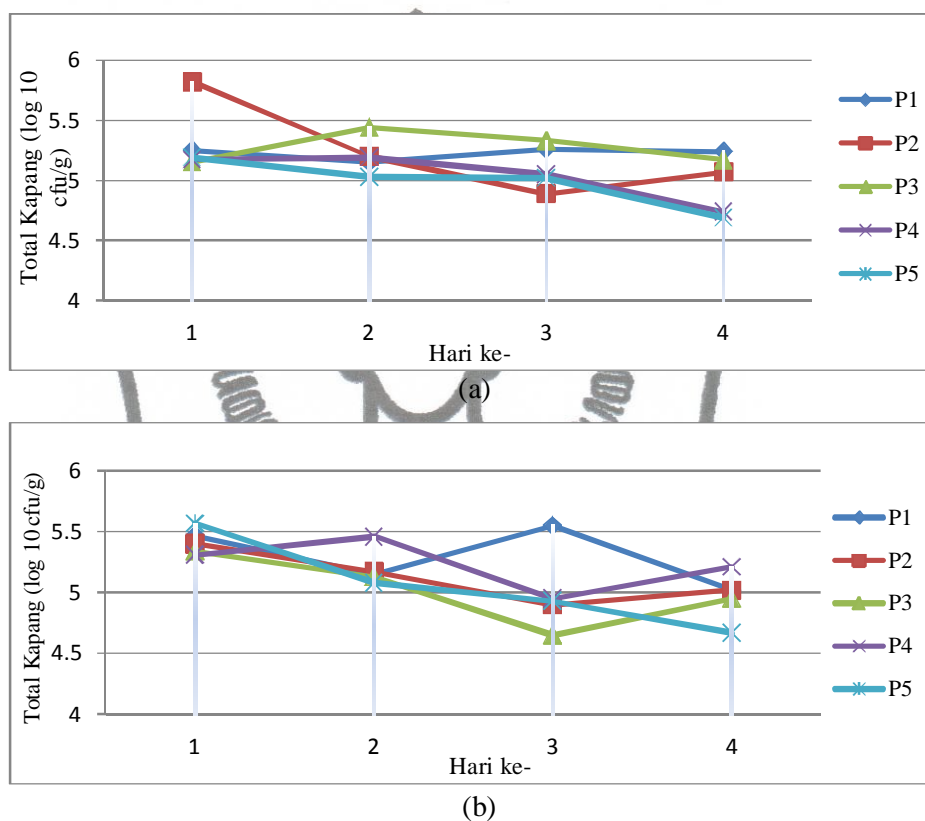
Tabel 4.5 Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan

Kemasan	Komposisi Udara (O ₂ :CO ₂ :N ₂) (%)	Total Kapang (log cfu/g)			
		Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
Polypropilen	0:30:70	5.247 ^a	5.149 ^{ab}	5.262 ^a	5.244 ^a
	5:30:65	5.818 ^b	5.203 ^{ab}	4.889 ^a	5.065 ^{bc}
	10:30:60	5.155 ^a	5.441 ^b	5.325 ^a	5.173 ^a
	15:30:55	5.173 ^a	5.188 ^{ab}	5.054 ^a	4.736 ^{ab}
	20:30:50	5.192 ^a	5.033 ^a	5.016 ^a	4.687 ^a
Polyetilen	0:30:70	5.467 ^a	5.154 ^{ab}	5.55 ^b	5.015 ^{ab}
	5:30:65	5.404 ^a	5.171 ^{ab}	4.89 ^{ab}	5.022 ^{ab}
	10:30:60	5.341 ^a	5.139 ^{ab}	4.64 ^a	4.945 ^{ab}
	15:30:55	5.307 ^a	5.458 ^b	4.94 ^{ab}	5.209 ^b
	20:30:50	5.573 ^a	5.078 ^a	4.93 ^{ab}	4.675 ^a

Keterangan: Subscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf $\alpha=0,05$.

Berdasarkan **Tabel 4.5** pada kemasan polypropilen dan kemasan polyetilen penurunan total kapang pada tempe modifikasi atmosfer menunjukkan bahwa tidak beda nyata terhadap komposisi modifikasi atmosfer, kecuali pada kemasan polypropilen pada hari ke-1, komposisi 5% berbeda nyata terhadap komposisi modifikasi 0%O₂: 30%CO₂: 70%N₂,

10% O₂: 30% CO₂: 60% N₂, 15% O₂: 30% CO₂: 55% N₂ dan 20% O₂: 30% CO₂: 70% N₂. Total kapang tempe setiap perlakuan modifikasi atmosfer mengalami penurunan seiring masa penyimpanan berkisar 5,8 log cfu/g – 4,6 log cfu/g. Penelitian ini didukung dengan hasil penelitian Barus (2008) jumlah kapang tempe segar adalah *R. oligosporus* sebesar $3,4 \times 10^5$ cfu/g atau sekitar 5,5 log cfu/g.



Grafik 4.6. (a) Grafik Hubungan Antara Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polypropilen
(b) Grafik Hubungan Antara Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polyetilen

Keterangan : Komposisi udara O₂:CO₂:N₂:
 P1=0:30:70
 P2=5:30:65
 P3=10:30:60
 P4=15:30:55
 P5=20:30:50

Jumlah total kapang pada perlakuan gas yang digunakan berkisar 4,6 log cfu/g sampai 5,6 log cfu/g. **Gambar 4.6 (a)** trend total kapang tempe semakin menurun seiring masa penyimpanan. Total kapang pada tempe kemasan polypropilen pada hari ke-1 jumlah kapang tertinggi pada P2 sebesar 5.8 log cfu/g sedangkan pada hari ke-4 pada P1 sebesar 5.24 log cfu/g. **Gambar 4.6 (b)** trend total kapang tempe semakin menurun seiring masa penyimpanan. Total kapang pada tempe kemasan polyetilen pada hari ke-1 jumlah kapang tertinggi pada P5 sebesar 5.57 log cfu/g sedangkan pada hari ke-4 pada P4 sebesar 5.21 log cfu/g.

Penurunan total kapang disebabkan karena faktor seperti pH, kadar air dan nutrisi. *Rhizopus sp.* tumbuh baik pada pH 3,4-6. Semakin lama waktu fermentasi pH tempe semakin meningkat hingga 8,4 sehingga kapang makin menurun karena pH tinggi kurang sesuai dengan pertumbuhan kapang. Selain pH kapang membutuhkan air untuk pertumbuhan. Semakin tinggi kadar air semakin menurun kapang selama fermentasi. Penurunan kapang juga diakibatkan berkurangnya nutrisi bahan sehingga jamur mati. Penurunan jumlah kapang hal ini diduga adanya antibakteri. Aktivitas antibakteri optimum pada tempe dengan masa inkubasi 36 sampai 48 jam. Menurunnya jumlah kapang pada hari ke-2 sebesar 5,2 log cfu/g hingga ke ke-4 sebesar 4.9 log cfu/g diduga adanya aktivitas optimum dari antibakteri yang dihasilkan oleh *Rhizopus sp.* (Harnina,2008).

Rhizopus sp. merupakan jamur benang atau kapang yang mampu menfermentasi kedelai menjadi tempe. Kapang tempe bersifat mikroaerofil apabila proses fermentasi kekurangan oksigen maka pertumbuhan *Rhizopus sp.* akan terhambat dan proses fermentasi tidak berjalan lancar. Oksigen yang terlalu banyak akan menyebabkan metabolisme terlalu cepat sehingga suhu naik dan pertumbuhan *Rhizopus sp.* akan lebih cepat mati. Semakin berkurang oksigen tempe semakin baik selama penyimpanan tempe. Hal ini terjadi akibat fermentasi pada tempe dipengaruhi oleh oksigen, suhu, air, dan pH.

Kemasan yang digunakan mempengaruhi fermentasi tempe dimana kemasan dapat mencegah terjadinya difusi udara sehingga oksigen yang ada di dalam udara yang di dalam tetap optimum dan mencegah terjadinya sporulasi atau pembentukan spora.

F. Penentuan Hasil Terbaik

Pementuan terbaik dari keseluruhan parameter terlihat pada **Tabel 4.6**. Berdasarkan **Tabel 4.6** pengamatan dapat diambil hasil terbaik dari setiap parameter yaitu kadar air, derajat putih, pH tekstur dan total kapang. Hasil terbaik dari parameter batas maksimal kadar air sesuai dengan SNI 3144:2009 sebesar 65% adalah pada komposisi modifikasi atmosfer 15% O₂:30% CO₂:55% N₂ pada kemasan polypropilen dan kemasan polyetilen. Pada komposisi tersebut kadar air tempe berkisar 62,5%-65,2%.

Tabel 4.6 Penentuan Terbaik Keseluruhan Parameter

No	Parameter	Kemasan	Perlakuan Modifikasi Atmosfer
1.	Kadar air	Polypropilen	15% O ₂ :30% CO ₂ :55% N ₂
		Polyetilen	15% O ₂ :30% CO ₂ :55% N ₂
2.	Derajat Putih	Polypropilen	15% O ₂ :30% CO ₂ :55% N ₂
		Polyetilen	20% O ₂ :30% CO ₂ :50% N ₂
3	pH	Polypropilen	15% O ₂ :30% CO ₂ :55% N ₂
		Polyetilen	10% O ₂ :30% CO ₂ :69% N ₂
4	Tekstur	Polypropilen	5% O ₂ :30% CO ₂ :65% N ₂
		Polyetilen	20% O ₂ :30% CO ₂ :50% N ₂
5	Total kapang	Polypropilen	0% O ₂ :30% CO ₂ :70% N ₂
		Polyetilen	10% O ₂ :30% CO ₂ :60% N ₂

Derajat putih adalah parameter untuk mengetahui tingkat warna putih pada tempe. Derajat putih tempe modifikasi atmosfer terbaik dihasilkan pada perlakuan modifikasi 15% O₂:30% CO₂:55% N₂ pada kemasan polypropilen dan 20% O₂:30% CO₂:50% N₂ pada kemasan polyetilen. Semakin tinggi derajat putih semakin banyak miselia-miselial yang menyelubungi permukaan

tempe. Menurut penelitian ini pH tempe modifikasi atmosfer pada perlakuan 15% O₂:30% CO₂:55% N₂ pada kemasan polypropilen dan 10% O₂:30% CO₂:60% N₂ polyetilen. Selama fermentasi pH akan semakin meningkat selama proses fermentasi hal ini disebabkan karena adanya peningkatan nitrogen terlarut akibat adanya degradasi protein kedelai menjadi asam amino oleh aktivitas enzim proteolitik kapang.

Tekstur merupakan karakteristik fisik yang disebabkan oleh struktur bahan pangan. Tekstur pada tempe modifikasi atmosfer semakin menurun seiring masa penyimpanan. Tekstur terbaik dari tempe modifikasi atmosfer adalah pada perlakuan 5% O₂:30% CO₂:65% N₂ pada kemasan polypropilen dan 20% O₂:30% CO₂:50% N₂ pada kemasan polyetilen. Semakin tinggi kualitatif dari pengamatan dengan rheometer menunjukkan bahwa tekstur tempe semakin keras. Tekstur tempe modifikasi atmosfer selama penyimpanan semakin lunak seiring masa penyimpanan.

Menurut Pupus (1996) semakin lama fermentasi total kapang semakin menurun. Total kapang tempe modifikasi atmosfer semakin menurun seiring masa penyimpanan. Total kapang tempe modifikasi atmosfer terbaik pada perlakuan 0% O₂:30% CO₂:70% N₂ pada kemasan polypropilen dan 15% O₂:30% CO₂:55% N₂ polyetilen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer untuk mempertahankan kualitas dan daya simpan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Komposisi O_2 , CO_2 , dan N_2 optimum yang diperlukan dalam penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer selama empat hari pada parameter kadar air, derajat putih, pH, tekstur dan total kapang adalah pada perlakuan 15% O_2 :30% CO_2 :55% N_2
2. Kemasan yang terpilih untuk kualitas terbaik dan masa simpan tempe dalam penyimpanan dengan modifikasi atmosfer adalah kemasan PE (Polyetilen).

B. Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu untuk penelitian serupa atau lanjutan sebaiknya diadakan penelitian pendahuluan untuk mengetahui pengaruh tiap komposisi variabel dan ditambahkan variabel ke dua agar dapat diuji secara statistic sehingga dapat diketahui beda nyata pada hasil penelitian.