



Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Universitas Sebelas Maret

Available online at
www.ilmupangan.fp.uns.ac.id



Jurnal Teknosains Pangan Vol 2 No 3 Juli 2013

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

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

Siti Muslikhah^{*)}, Choirul Anam^{*)}, MA. Martina Andriani^{*)}

^{*)} *Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta*

Received 1 June 2013; Accepted 15 June 2013; Published Online 1 July 2013

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui komposisi O₂, CO₂ dan N₂ 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 (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%) 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 O₂,CO₂, dan N₂ 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% O₂:30% CO₂:55% N₂ dan kemasan yang terbaik adalah kemasan PE (Polietylen).

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

ABSTRACT

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).

Keywords: *Tempe, Modification Atmosphere, Packaging, Quality and Shelf Life*

PENDAHULUAN

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 antitrombotik, menurunkan kolesterol.

Menurut Ratnawati dan Hanafi (2008) kandungan gizi tempe terdiri atas kadar air sebesar 55,3%, kadar abu sebesar 1,6%, kadar lemak z,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 O₂ dikurangi dan kandungan CO₂ 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.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi atmosfer dalam penyimpanan tempe dengan mengurangi gas O₂, menambah gas CO₂ dan menambahkan N₂. 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.

METODE PENELITIAN

Bahan

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 CO₂ dan O₂ serta N₂ 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.

Alat

Alat-alat yang digunakan antara lain :

- a. Pembuatan tempe : dandang, kompor, peniris, tampah, dan plastic
- b. Analisa pH: pengukur pH meter
- c. Analisa tekstur: Rheo meter
- d. Analisa warna: Whitenessmeter
- e. Penentuan komposisi O₂, CO₂ dan N₂: Cosmotector tipe XP -314B dan Cosmotector tipe XPO-318 untuk mengukur konsentrasi CO₂, O₂, N₂.

- f. Analisa kadar air : botol timbangan, krus porselen, tanur, desikator
- g. Analisa total kapang : erlemeyer, tabung reaksi, laminar flow, inkubator, cawan petri, pemanas, bunsen, kapas, dan stop watch.

Metode 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 $\alpha = 0,05$.

Tahapan 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.

2. Penentuan Konsentrasi Modifikasi Atmosfer Optimum

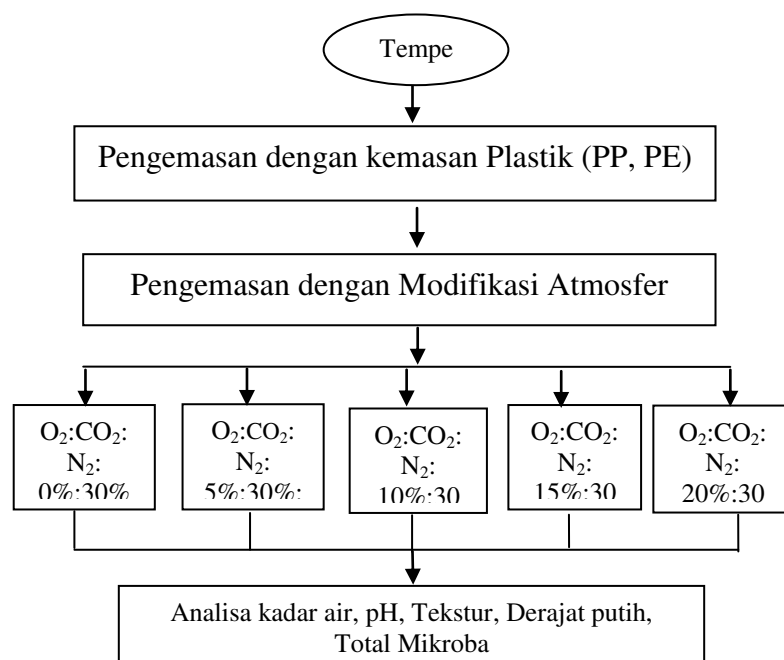
Penentuan konsentrasi CO_2 dan N_2 optimum dilakukan adalah sebagai berikut:

- Konsentrasi $O_2:CO_2:N_2$: 0%:30%:70%
- Konsentrasi $O_2:CO_2:N_2$: 5%:30%:65%
- Konsentrasi $O_2:CO_2:N_2$: 10%:30%:60%
- Konsentrasi $O_2:CO_2:N_2$: 15%:30%:55%
- Konsentrasi $O_2:CO_2:N_2$: 20%:30%:50% (Mastromatteo,2010).

Pengendalian komposisi udara dilakukan diawal dengan memasukkan gas O_2 , CO_2 , dan N_2 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 O_2 , CO_2 dan N_2 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 diselealer. Kemasan yang telah diselealer dipotong untuk memasukan alat pengukur gas O_2 , CO_2 , dan N_2 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 diselealer. 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

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). Kadar air tempe modifikasi atmosfer selama penyimpanan dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

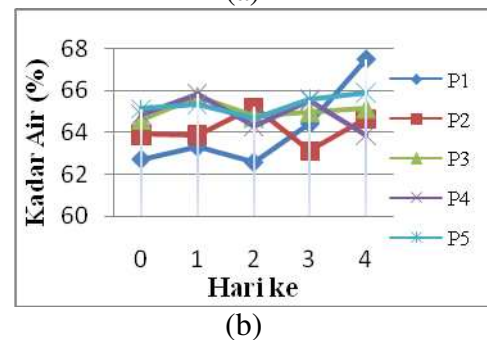
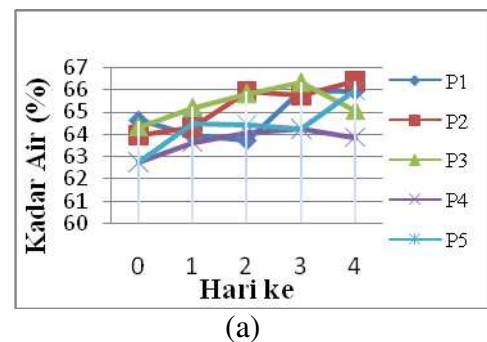
Tabel 4.1 Kadar Air Tempe Modifikasi Atmosfer Selama Penyimpanan

Kem asan	Kompos isi Udara (O ₂ :CO ₂ :N ₂) (%)	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 ^b	64.6439 ^b	65.5542 ^a	65.8812 ^a

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

Dari **Gambar 4.1 (a)** Trend grafik kadar air yang terjadi yaitu peningkatan kadar air semakin meningkat. Hal ini terlihat dari P1 mengalami peningkatan menjadi 66%. Pada **Gambar 4.1 (b)** kadar air tempe dengan modifikasi atmosfer selama penyimpanan pada kemasan polyetilen mengalami fluktuatif tiap harinya. 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. 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.



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

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%. 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.

B. Derajat Putih

Derajat putih adalah pengukuran warna putih tempe dengan menggunakan Whitenessmeter Model C-100. Standar derajat putih yang digunakan Whitenessmeter menggunakan BaSO₄ 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 Udara (O ₂ :CO ₂ :N ₂) (%)	Derajat Putih (%)				
		Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
Polypropilen	0:30:70	42.7539 ^a	34.9206 ^a			
	5:30:65	42.7539 ^a	38.2142 ^a	33.4126 ^a	31.1508 ^a	30.8730 ^a
	10:30:60	42.7539 ^a	36.1111 ^a	35.4365 ^a	31.3095 ^a	30.5952 ^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

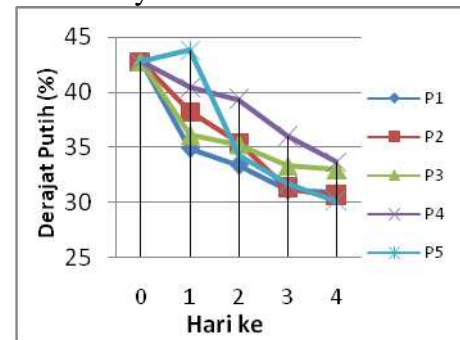
Keterangan: Subscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$.

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%.

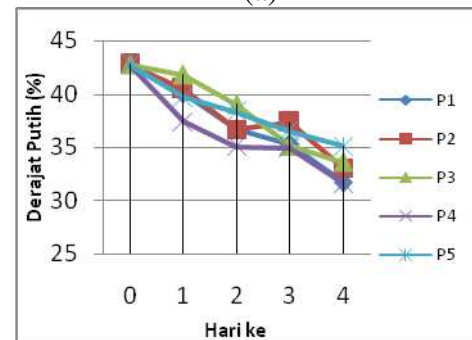
Berdasarkan **Tabel 4.2** bahwa derajat putih tempe modifikasi atmosfer selama penyimpanan menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap komposisi modifikasi atmosfer kecuali

pada hari ke-0 derajat putih komposisi 0%O₂:30%CO₂:70%N₂ tidak berbeda nyata terhadap komposisi 50%O₂:30%CO₂:65%N₂. Tingginya derajat putih tempe dapat dipengaruhi pertumbuhan kapang sebagai metabolisme. Miselia-miselia kapang akan tumbuh menyelimuti permukaan tempe sehingga tempe tampak putih dan kompak. Proses fermentasi tempe sangat dipengaruhi oleh oksigen.

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.



(a)



(b)

Gambar 4.2.

- (a) Grafik Hubungan Antara Derajat Putih Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polypropilen
 (b) Grafik Hubungan Antara Derajat Putih Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polyetilen

Keterangan : Komposisi udara O₂:CO₂:N₂:

P1=0:30:70

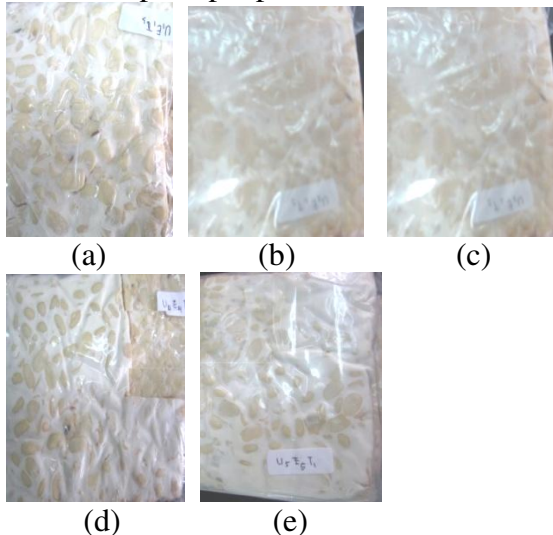
P2=5:30:65

P3=10:30:60

P4=15:30:55

P5=20:30:50

Peningkatan asam amino bebas dalam tempe mempengaruhi fermentasi tempe oleh jamur karena menstimulus perkecambahan spora dan pertumbuhan jamur *Rhizopus oligosporus*. Faktor utama yang menentukan kualitas tempe bahwa tempat pembungkus dapat menghasilkan tempe yang baik adalah aerasi dan kelembaban. *Rhizopus*. Semakin cepat pertumbuhan *Rhizopus* semakin mempercepat terbentuknya warna abu-abu yang akan mempercepat pembusukan.



Gambar 4.3 Kenampakan Putih Tempe Modifikasi Atmosfer

Keterangan:

- Tempe dengan komposisi udara O₂:CO₂:N₂: 0%:30%:70%
- Tempe dengan komposisi udara O₂:CO₂:N₂: 5%:30%:65%
- Tempe dengan komposisi udara O₂:CO₂:N₂: 10%:30%:60%
- Tempe dengan komposisi udara O₂:CO₂:N₂: 15%:30%:55%
- Tempe dengan komposisi udara O₂:CO₂:N₂: 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..

Penurunan perubahan warna juga terjadi akibat degradasi yang terjadi pada miselium kapang yang membentuk matriks dengan protein. 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.

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 ^a
	5:30:65	5.64 ^a	5.64 ^a	5.64 ^a	5.64 ^a	5.64 ^a
	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 $\alpha=0,05$.

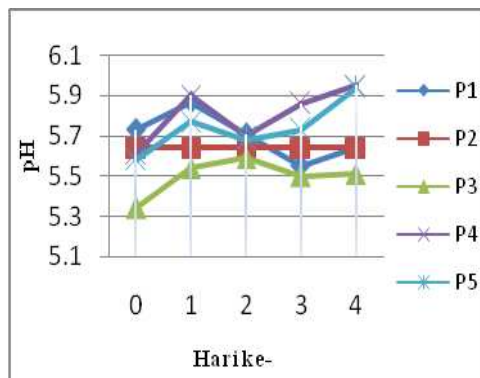
Tempe digolongkan bahan pangan asam rendah (pH diatas 4,5). Menurut penelitian Saputra (2006) kadar pH tempe segar 5,62-5,68. Nilai pH tempe segar berkisar 6,33 hingga 6,50 (Ferdiaz, 1992). Dilihat dari **Gambar 4.4(a)** trend pH terlihat mengalami kenaikan kemudian mengalami penurunan pada hari ke-2 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 kemudian mengalami penurunan dihari ke-3 menjadi 5,75 pada hari ke-4 menjadi 5,65 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

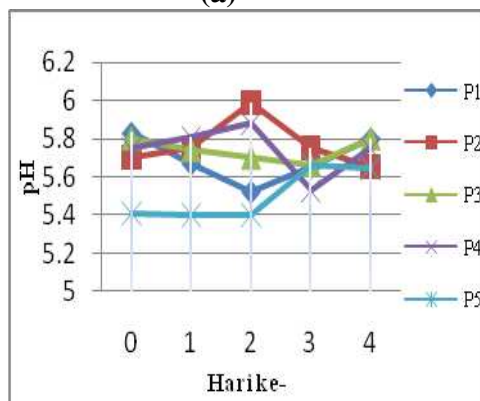
dicerna. Semakin lama fermentasi semakin menurun kualitas tempe. Penurunan pH pada tempe terkait dengan terbentuknya asam.

Selama pH tempe rendah, bakteri pembusuk akan terhambat pertumbuhannya dan pertumbuhan jamur tempe serta menghambat bakteri pembusuk sehingga tempe terjamin akan menghasilkan kualitas terbaik.

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%.



(a)



(b)

Gambar 4.4.

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

(b) 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

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. 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

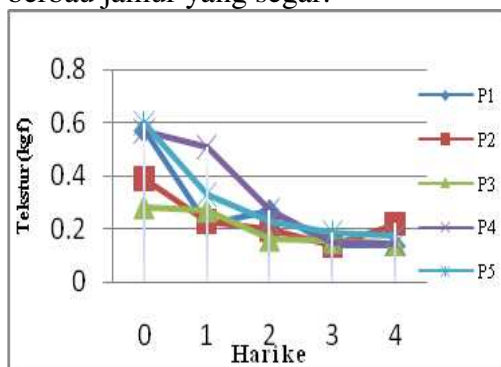
Kemasan	Komposisi Udara (O ₂ :CO ₂ :N ₂) (%)	Tekstur (Kgforce)				
		Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
Polypropilen	0:30:70	0.573 ^a	0.220 ^a	0.273 ^a	0.140 ^a	0.140 ^a
	5:30:65	0.390 ^a	0.230 ^a	0.200 ^a	0.140 ^a	0.220 ^a
	10:30:60	0.283 ^a	0.270 ^a	0.160 ^a	0.153 ^a	0.143 ^a
	15:30:55	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	0.280 ^c	0.270 ^b	0.22 ^{ab}	0.110 ^{ab}	0.120 ^{ab}
	10:30:60	0.180 ^b	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 α= 0,05.

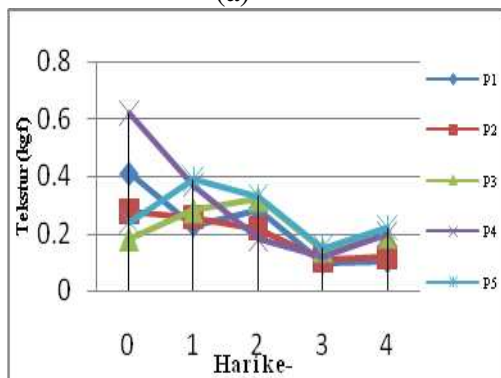
Gambar 4.5 (b) berat beban yang digunakan untuk menimbulkan tekanan pada tempe kemasan polyetilen pada hari ke-0 P1, P2, P3,P4 dan P5 sebesar (0.41, 0.28, 0.18, 0.62 dan 0.24 kgf) menjadi (0.103, 0.1, 0.19, 0.2 dan 0.22 kgf) dihari ke-4. Dari **Gambar 4.5** dapat diketahui bahwa semakin tinggi kadar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

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. 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.



(a)



(b)

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

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 MA menurun seiring dengan lamanya penyimpanan dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

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.

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

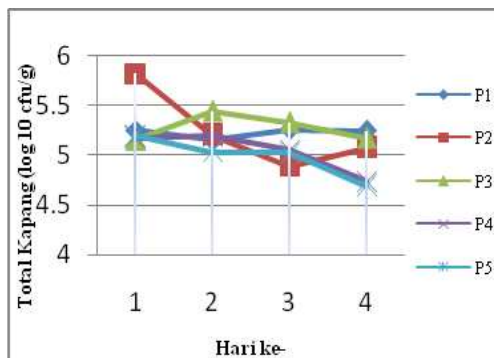
Keterangan: Subscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$.

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 x 10⁵ cfu/g atau sekitar 5,5 log cfu/g. 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. **Gambar 4.6 (b)** trend total kapang tempe semakin menurun seiring masa penyimpanan.

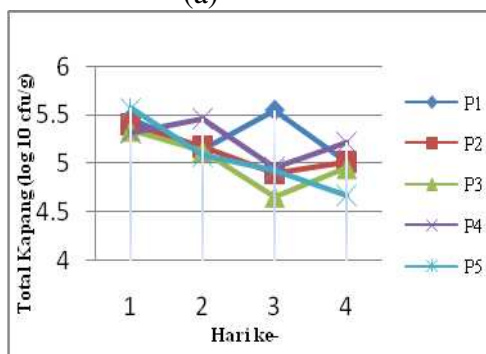
Penurunan total kapang disebabkan karena faktor seperti pH, kadr air dan nutrisi. *Rhizopus sp.* tumbuh baik pada pH 3,4-6.

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).

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.



(a)



(b)

Grafik 4.6.

(a) Grafik Hubungan Antara Total Kapang Tempe Modifikasi Atmosfer dengan Waktu Penyimpanan Pada Kemasan Polypropylen

(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

F. Penentuan Hasil Terbaik

Pementuan terbaik dari keseluruhan parameter terlihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Penentuan Terbaik Keseluruhan Parameter

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

KESIMPULAN

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 O₂, CO₂, dan N₂ optimum yang diperlukan dalam penyimpanan tempe dengan metode modifikasi atmosfer selama empat hari pada parameter kadar air, derajat putih, pH, tekstore dan total kapang adalah pada perlakuan 15% O₂:30% CO₂:55% N₂
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.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. *Makna Kode Pada Kemasan Plastik*.
<http://nonasehat.info/makna-kode-pada-kemasan-plastik/>. Diakses Pada tanggal 1 April 2012.
- Badan Standarisasi Nasional (2006). *Cara Uji Air Minum Dalam Kemasan*. SNI 01-3554-2006.
- Barus,Tati. 2008. *Peran Komunitas Bakteri dalam Pembentukan Rasa Pahit pada Tempe: Analisis Mikrobiologi dan Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism (T-RFLP)*.Tesis Institut Pertanian Bogor.