

# Kemasan Antimikrob untuk Memperpanjang Umur Simpan Bakso Ikan

## (Antimicrobial Packaging to Prolong the Shelf Life of Fish Balls)

Endang Warsiki\*, Titi Candra Sunarti, Lala Nurmala

### ABSTRAK

Kemasan aktif merupakan salah satu teknik yang dapat dikembangkan untuk memperpanjang umur simpan sekaligus mempertahankan mutu produk agar tetap segar. Penelitian ini membuat kemasan aktif antimikrob (AM) dengan menambahkan bahan aktif antimikrob ke dalam film matriks (tidak di dalam produk) dan kemudian menggunakan film ini untuk menyalut produk pangan sehingga pengemasan dan pengawetan dilakukan dalam 1 tahap. Karagenan dipilih sebagai bahan film dengan ekstrak bawang putih sebagai agen AM. Film AM kemudian digunakan untuk mengemas bakso ikan dengan cara menyalut bakso ikan tersebut dengan film AM. Penelitian ini dilakukan dengan 2 tahap, yaitu (i) membuat kemasan AM, dan (ii) menyalut bakso ikan dengan film AM dan menganalisis mutu bakso selama penyimpanan. Secara umum komposisi mutu bakso setelah penyimpanan masih memenuhi SNI 0-3819-1995. Berdasarkan hasil uji organoleptik, secara umum penilaian rata-rata kesukaan panelis atas kenampakan aroma dan warna, panelis lebih menyukai bakso yang dilapis AM film dibandingkan kontrol. Bakso yang paling disukai panelis ialah bakso yang disimpan pada suhu 5 dan 15 °C.

Kata kunci: bakso ikan, ekstrak bawang putih, kemasan antimikrob

### ABSTRACT

Active packaging is a technique that can be developed to prolong shelf-life or enhance safety or sensory properties, while maintaining the quality of fresh products inside. This experiment produced active packaging of antimicrobial (AM) film in which an antimicrobial (AM) agent was added into the film (instead of food) and then used it to coat the food product. The AM agents slowly release into the product surrounds, inhibit the growth of microbes thus packing and preserving were done in a single step. Carragenan was chosen as a matrix film with garlic extract as an AM agent. Fish balls were chosen as a product to be coated by this AM film. The study consisted of 2 steps i.e.: (i) prepared AM film, and (ii) coated the fish balls with AM film and then tested the quality during storage. In general, the quality of fish balls before and after storage still meet the SNI 0-3819-1995. In the application, the fish balls with AM film has longer shelf life than that without AM. Further more, the result of organoleptic test on appearance of odor and color showed that the panelists preferred coated fish balls than the uncoated one. The panelist preferred coated fish ball which is stored at 5 and 15 °C.

Keywords: antimicrobial packaging, fish ball, garlic extract

### PENDAHULUAN

Kemasan aktif disebut sebagai kemasan interaktif karena ada interaksi aktif dari bahan kemasan dengan bahan pangan yang dikemas (Rooney 1995; Brody *et al.* 1997; Vermeiren *et al.* 1999). Contohnya ialah kemasan aktif antimikrob film dan antimikrob coating (*edible coating*) (Appendini & Hotchkiss 2002; Warsiki *et al.* 2010). Menurut Kerry *et al.* (2006); Pavlah dan Orts (2009) film edibel ialah lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk dengan menyalut produk atau diletakkan di antara komponen produk yang berfungsi sebagai penghalang perpindahan massa (misalnya uap air, gas, zat terlarut, dan cahaya) dan untuk meningkatkan penanganan suatu makanan. Antimikrob (AM) dapat ditambahkan dengan cara mencampurkan zat AM ke dalam bahan kemasan yang kemudian dalam jumlah kecil AM

tersebut akan bermigrasi ke dalam bahan pangan (Suppakul *et al.* 2003; Zainab 2009).

Produk pangan yang dipilih dalam aplikasi kemasan aktif ini adalah bakso ikan, karena bakso ini adalah salah satu produk pangan yang bersifat mudah rusak sehingga diperlukan suatu teknik pengawetan. Pada saat ini kebanyakan pedagang bakso ikan menggunakan bahan pengawet berbahaya untuk mengawetkan produknya, seperti formalin dan boraks yang dapat membahayakan kesehatan. Oleh karena itu, perlu dicari solusi tepat sebagai alternatif pengganti penggunaan bahan pengawet kimia, yaitu dengan menggunakan bahan-bahan alami yang berfungsi sebagai AM yang dapat mempertahankan mutu dan umur simpan produk makanan olahan. AM dapat ditambahkan dengan cara mencampurkannya ke dalam bahan kemasan yang kemudian dalam jumlah kecil akan bermigrasi ke dalam bahan pangan. Bahan alami yang digunakan untuk pembuatan penyalut edibel ialah karagenan dan agar-agar yang ditambah ekstrak bawang putih sebagai senyawa AM. Karagenan merupakan bahan dari rumput laut merah (*Rhodophyceae*) berupa polisakarida sulfat yang

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

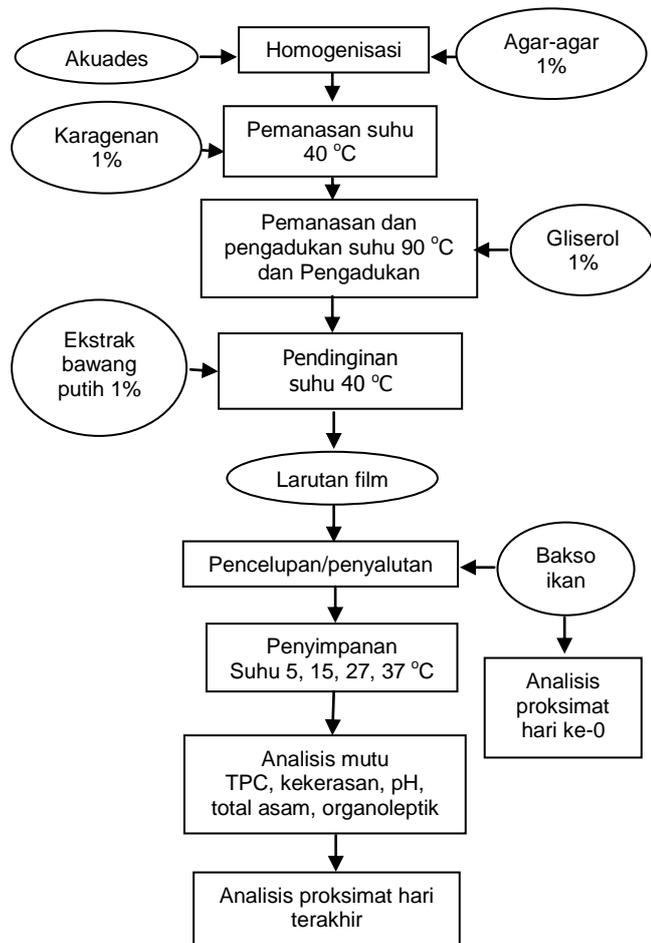
\* Penulis korespondensi: E-mail: warsiki@yahoo.com.au

memiliki sifat-sifat hidrokoloid sehingga banyak digunakan dalam produk pangan dan industri. Dalam produk pangan telah banyak digunakan karagenan sebagai film edibel, sebagai pengemas daging segar dan beku, casing sosis atau ham, produk kering, makanan berlemak, dan sebagainya. Agar-agar merupakan suatu jenis gum, yaitu senyawa polimer yang dapat didispersikan atau dilarutkan ke dalam air sehingga memberikan suatu larutan atau suspensi yang kental. Ekstrak bawang putih dipilih sebagai bahan AM karena bawang putih dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang biasa tumbuh pada bakso ikan seperti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium* (Mehraban & Larry-Yazdy 1992; Ramos *et al.* 2012).

Tujuan penelitian ini adalah (1) mengaplikasikan kemasan/film AM (penyalutan) pada bakso ikan dan (ii) mengevaluasi penurunan mutu produk bakso ikan yang disalut AM selama penyimpanan pada berbagai suhu.

## METODE PENELITIAN

Tahapan pertama dari penelitian ini adalah pembuatan AM film dan dilanjutkan pada aplikasi kemasan AM pada produk olahan bakso ikan (Gambar 1).



Gambar 1 Diagram alir penelitian.

## Pembuatan Film AM

Akuades sebanyak 100 mL disiapkan kemudian ditambahkan agar-agar (1%) dan diaduk dengan pengaduk magnetik. Setelah larut, karagenan (1%) pada suhu 40 °C ditambahkan dan diaduk, kemudian ditambahkan pemlastis (gliserol) pada saat suhu larutan mencapai 90 °C sebanyak 1%. Selanjutnya suhu diturunkan menjadi 50 °C dan campuran terus diaduk selama 15 menit, dan ditambahkan ekstrak bawang putih. Setelah itu dilakukan penyaringan untuk menghilangkan kotoran yang ada dalam larutan.

## Aplikasi Film Antimikrob dan Analisis Mutu Bakso

Bakso ikan disalut dengan cara mencelupkan bakso ke dalam larutan film baik dengan atau tanpa AM. Kemudian bakso disimpan pada suhu 5, 15, 27, dan 37 °C. Pada penyimpanan suhu 5 dan 15 °C analisis dilakukan setiap 3 hari selama 21 hari, sedangkan pada penyimpanan suhu 27 dan 37 °C analisis dilakukan setiap hari selama 3 hari. Analisis meliputi analisis mikrobiologi (jumlah total mikrob) dengan metode TPC (*total plate count*), pH, kekerasan, dan organoleptik (meliputi kenampakan aroma dan warna). Analisis proksimat akhir dilakukan pada hari ke-3 untuk sampel pada penyimpanan suhu 27 dan 37 °C, sedangkan untuk penyimpanan pada suhu 5 dan 15 °C analisis proksimat akhir dilakukan pada hari ke-21.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Total Mikrob pada Bakso

Berdasarkan Gambar 2–5 jumlah koloni pada kontrol (bakso tanpa penyalutan) semakin lama penyimpanan, semakin meningkat jumlah bakteri meningkat, sedangkan bakso yang menggunakan penyalutan dengan tambahan maupun tanpa tambahan AM tidak terlalu tinggi peningkatannya. Hal ini disebabkan film yang menyalut bakso dapat mencegah kontaminasi bakteri dari lingkungan luar. Menurut Floros *et al.* (1997), film edibel dan penyalut yang berfungsi sebagai pembawa zat bioaktif bahan AM mempunyai 2 fungsi khas, yaitu (i) sebagai penghalang yang baik terhadap O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> untuk melindungi produk secara konvensional (kemasan primer), dan (ii) sebagai perlindungan terhadap pertumbuhan bakteri patogen dan pembusuk (pembawa zat antimikrob dan antioksidan).

Jumlah koloni mikroorganisme pada bakso kontrol suhu 5 °C relatif rendah dibandingkan pada suhu 15, 27, dan 37 °C selama penyimpanan. Jumlah koloni pada bakso yang disalut baik dengan atau tanpa tambahan AM pada suhu 5 °C belum menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini terjadi karena metabolisme bakteri pada suhu tersebut rendah. Pada suhu 27 dan 37 °C bakso yang disalut dengan atau tanpa tambahan AM mulai menunjukkan perbedaan jumlah koloni. Jumlah koloni pada bakso yang disalut

dengan tambahan AM lebih rendah dibandingkan dengan bakso yang disalut tanpa AM selama penyimpanan. Hal ini karena zat aktif (antimikrob) dalam bawang putih mulai bekerja menghambat pertumbuhan bakteri. Jumlah pertumbuhan mikroorganisme produk selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 2, 3, 4, dan 5.

**Nilai pH dan Total Asam pada Bakso**

Nilai analisis awal pH bakso ikan berada pada kisaran 7,0. Berdasarkan hasil analisis, perubahan pH bakso kontrol selama penyimpanan pada suhu 5 dan 15 °C tidak terlalu tinggi. Perubahan pH masih berada dalam kisaran pH netral, yaitu 6,0–7,0. Nilai pH bakso kontrol lebih tinggi dibandingkan pH bakso yang disalut dengan atau tanpa tambahan bawang putih. Tingginya pH pada bakso kontrol disebabkan oleh proses degradasi protein, kandungan asam-asam amino yang terkandung dalam bakso dipecah menjadi NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, dan karbohidrat diubah menjadi CO<sub>2</sub> dan asam organik. NH<sub>3</sub> yang dihasilkan dari metabolisme bakteri tersebut dapat bereaksi dengan air sehingga menghasilkan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang bersifat alkali dan cenderung basa. Menurut Hanafiah dan Bustaman (1981), penguraian protein akan menghasilkan senyawa-senyawa nitrogen yang lebih sederhana, di antaranya adalah asam-asam amino bebas dan basa-basa yang menguap, yaitu trimetilamina, dimetilamina, dan asam amino, sehingga memberi kecenderungan meningkatkan nilai pH produk.

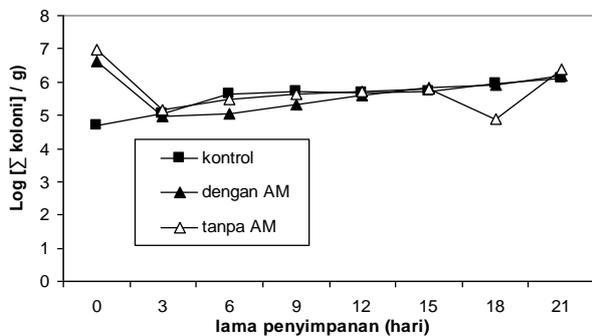
Keasaman (pH) bakso yang disalut dengan tambahan AM lebih tinggi dibandingkan dengan bakso yang disalut tanpa tambahan AM. Hal tersebut karena

bawang putih mampu menghambat pertumbuhan bakteri sehingga metabolisme yang menghasilkan asam lebih rendah. Jika pemecahan karbohidrat menjadi asam sangat sedikit maka perubahan nilai pH bakso pun tidak terlalu tinggi, berada pada kisaran netral. Nilai pH pada suhu 27 dan 37 °C menurun yang cukup besar selama penyimpanan, yaitu berada pada kisaran 7,0–5,0. Hal tersebut disebabkan aktivitas mikroorganisme lebih optimum sehingga pemecahan karbohidrat menjadi asam pun sangat tinggi dan jumlah asam yang dihasilkan lebih banyak.

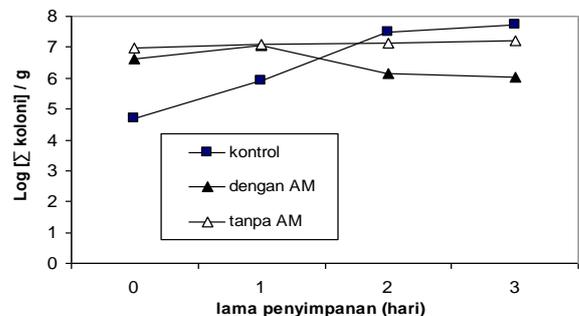
Hampir semua produk pangan mengandung asam atau campuran dari beberapa asam. Asam-asam tersebut terbentuk secara alami atau merupakan hasil produksi dari aktivitas mikroorganisme. Nilai total asam yang dihasilkan berkorelasi negatif dengan nilai pH. Semakin tinggi nilai total asamnya, semakin rendah nilai pH. Bakteri dapat mengkatalisis perubahan gula menjadi asam asetat dan asam laktat. Di samping itu, mikrob yang bersifat fermentatif dapat pula mengubah karbohidrat menjadi alkohol dan CO<sub>2</sub> dan juga dapat memproduksi asam (Winarno 1997). Perubahan pH dan total asam dapat dilihat pada Gambar 6–9.

**Kekerasan Bakso**

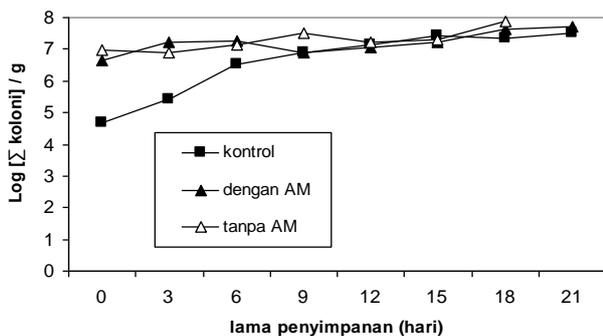
Nilai pengukuran dihitung dari ke dalam jarum menembus suatu bakso selama 5 detik (dinyatakan dalam mm/5 detik). Nilai pengukuran berbanding terbalik dengan nilai kekerasan. Semakin kecil nilai pengukuran, semakin keras tekstur bakso (nilai kekerasannya tinggi). Sebaliknya, semakin besar nilai pengukuran, semakin lunak/empuk tekstur bakso (nilai kekerasannya rendah).



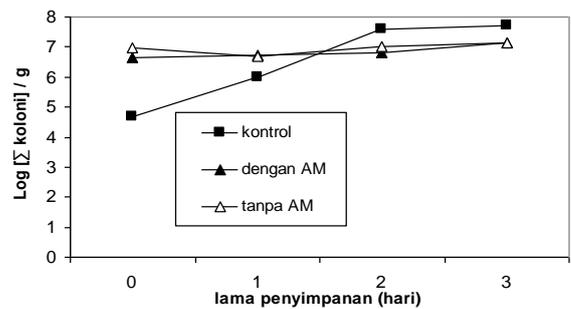
Gambar 2 Jumlah mikroorganisme produk pada suhu penyimpanan 5 °C.



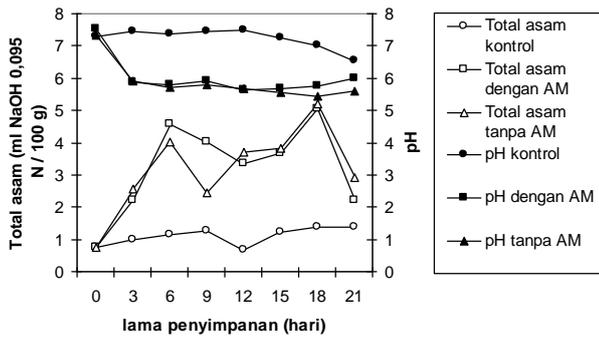
Gambar 4 Jumlah mikroorganisme produk pada suhu penyimpanan 27 °C.



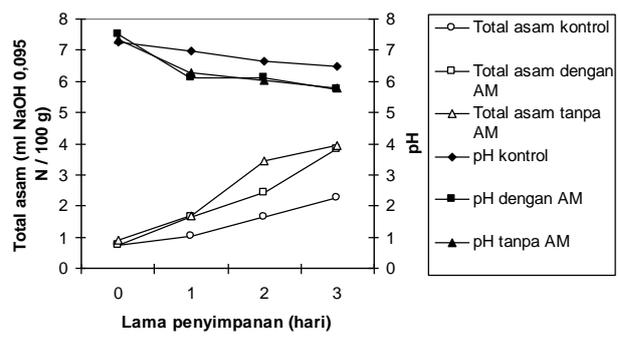
Gambar 3 Jumlah mikroorganisme produk pada suhu penyimpanan 15 °C.



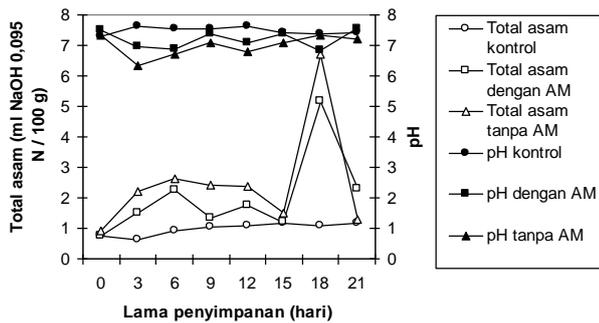
Gambar 5 Jumlah mikroorganisme produk pada suhu penyimpanan 37 °C.



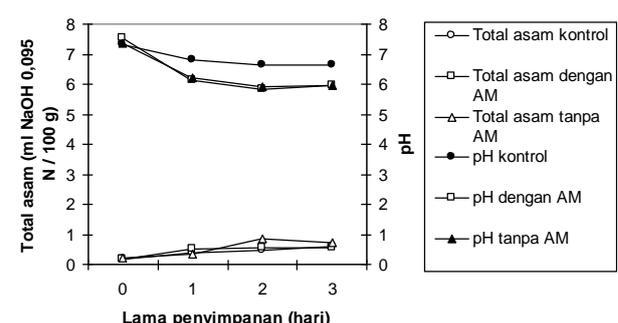
Gambar 6 Nilai pH dan total asam produk pada suhu penyimpanan 5 °C.



Gambar 8 Nilai pH dan total asam produk pada suhu penyimpanan 27 °C.



Gambar 7 Nilai pH dan total asam produk pada suhu penyimpanan 15 °C.



Gambar 9 Nilai pH dan total asam produk pada suhu penyimpanan 37 °C.

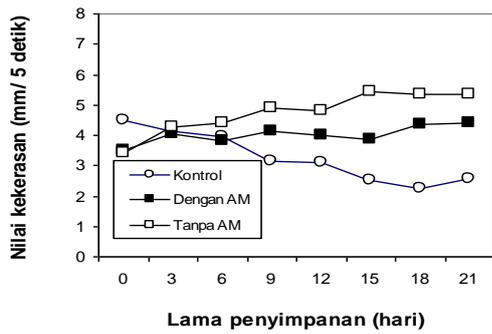
Berdasarkan hasil analisis nilai pengukuran yang terbaca berkisar 3–6 mm/5 detik. Hal ini menunjukkan bahwa bakso tersebut relatif keras. Pada suhu 5 dan 15 °C nilai yang terbaca pada kontrol lebih rendah dibandingkan bakso yang disalut. Hal ini disebabkan oleh kondisi penyimpanan pada suhu 5 °C memiliki RH yang rendah yang menyebabkan terjadi dehidrasi pada bakso, yang dapat menyebabkan nilai pengukuran pada kontrol lebih rendah (tekstur lebih keras). Bakso ikan kontrol tidak mempunyai salut yang dapat menahan keluarnya air dari dalam produk. Berbeda halnya dengan bakso ikan kontrol, bakso dengan penyalutan lebih lunak dibandingkan kontrol. Hal ini disebabkan salut itu dapat menahan keluarnya air dari produk sehingga produk tidak mengalami dehidrasi. Bakso yang disalut dengan tambahan bawang putih lebih keras jika dibandingkan dengan bakso ikan yang disalut tanpa tambahan bawang putih. Hal itu karena zat aktif dari bawang putih dapat menghambat pertumbuhan mikroba yang dapat menurunkan mutu produk. Berbeda dengan bakso ikan yang disalut tanpa tambahan AM, mempunyai nilai paling tinggi. Hal ini karena mikroba dapat menyerang bakso tersebut sehingga komponen penyusun bakso menjadi terurai, dan bakso menjadi lembek dan berlendir. Nilai kekerasan dapat dilihat pada Gambar 10–13.

**Analisis Proksimat Hari Terakhir Penyimpanan**

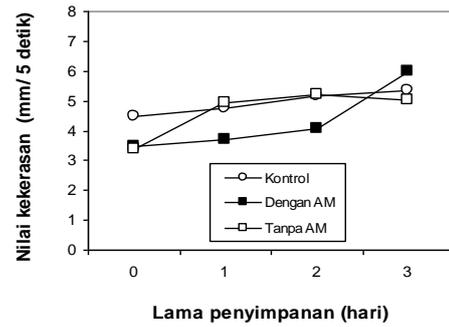
Secara umum komposisi mutu bakso ikan setelah penyimpanan masih memenuhi standar. Namun, terdapat beberapa parameter yang tidak memenuhi standar SNI No 0-3819-1995 (BSN 1995). Tabel 1

menunjukkan mutu produk setelah disimpan. Kadar air dan kadar abu pada berbagai suhu dan berbagai perlakuan masih memenuhi standar mutu. Kadar protein pada suhu 27 dan 37 °C pada berbagai perlakuan juga masih memenuhi standar mutu, sedangkan kadar protein pada suhu 5 dan 15 °C pada berbagai perlakuan tidak memenuhi standar. Perbedaan kondisi mutu produk setelah penyimpanan pada suhu 27, 37 dan 5, 15 °C disebabkan oleh perbedaan umur simpan. Produk yang disimpan pada suhu 27 dan 37 °C memiliki umur simpan lebih pendek, yaitu selama 3 hari, dibandingkan dengan produk yang disimpan pada suhu 5 dan 15 °C yang memiliki umur simpan 21 hari sehingga kerusakan yang terjadi selama penyimpanan lebih tinggi.

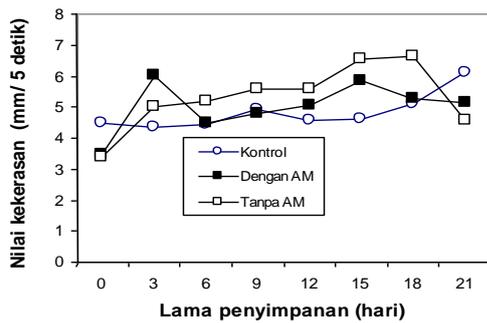
Kadar lemak pada berbagai suhu dan berbagai perlakuan tidak memenuhi standar mutu. Total jumlah mikroba pada suhu 5 °C pada berbagai perlakuan, masih memenuhi standar. Hal ini karena pada suhu 5 °C bakteri tidak dapat tumbuh secara optimum akibat metabolisme bakteri terhambat. Total jumlah mikroba pada suhu 27 dan 37 °C pada bakso yang disalut dengan atau tanpa AM masih memenuhi standar, sedangkan pada suhu 15, 27, dan 37 °C pada bakso kontrol tidak memenuhi standar. Hal ini karena film yang menyalut bakso dapat mencegah kontaminasi bakteri dari lingkungan sekitar. Jumlah koloni pada bakso yang disalut dengan tambahan AM lebih rendah dibandingkan dengan bakso yang disalut tanpa AM selama penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh zat aktif (antimikrob) dalam bawang putih yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri.



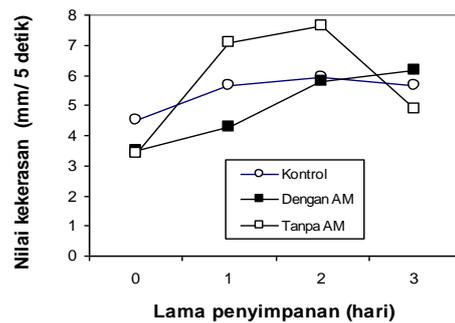
Gambar 10 Nilai kekerasan produk pada suhu penyimpanan 5 °C.



Gambar 12 Nilai kekerasan produk pada suhu penyimpanan 27 °C.



Gambar 11 Nilai kekerasan produk pada suhu penyimpanan 15 °C.



Gambar 13 Nilai kekerasan produk pada suhu penyimpanan 37 °C.

Tabel 1 Mutu bakso ikan setelah disimpan

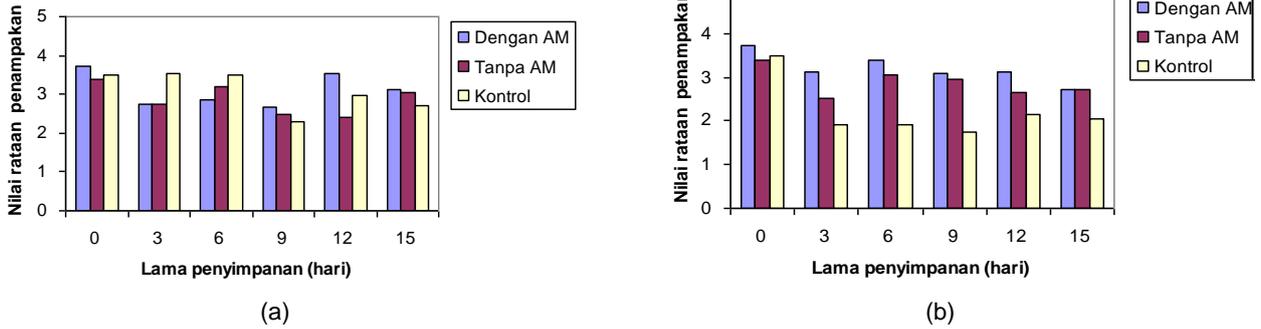
Parameter mutu	Perlakuan	37 °C (t= 3 hari)	27 °C (t= 3 hari)	15 °C (t= 3 hari)	5 °C (t= 3hari)	SNI 01-3819-1995
% Kadar air (b/b)	Film dengan Am	79.1141	78.7469	69.4292	70.0269	Maks 80
	Film tanpa Am	79.4916	77.7398	70.6819	68.1288	
	Kontrol	79.8262	79.7768	69.0559	65.2602	
% Kadar abu (b/b)	Film dengan Am	0,8827	0,9416	1.2851	1.1120	Maks 3
	Film tanpa Am	0,6199	1.4580	1.3432	1.3949	
	Kontrol	0,8147	0,7656	1.2473	1.2453	
% Kadar protein (b/b)	Film dengan Am	12.7192	13.8848	5.6673	4.4834	Min 9
	Film tanpa Am	12.7600	14.2361	5.5985	4.5296	
	Kontrol	12.4684	10.1710	5.9835	6.1028	
% Kadar lemak (b/b)	Film dengan Am	3.8404	2.2315	1.3750	1.2098	Maks 1
	Film tanpa Am	2.4488	2.8910	1.5001	1.8158	
	Kontrol	2.6647	1.8802	2.7721	2.3877	
Total mikrob	Film dengan Am	$1,4 \times 10^7$	$1 \times 10^7$	$3,2 \times 10^7$	$1,2 \times 10^6$	Maks 1
	Film tanpa Am	$1,4 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$	$5,3 \times 10^7$	$1,5 \times 10^6$	
	Kontrol	$4,9 \times 10^7$	$5,3 \times 10^7$	$7,2 \times 10^7$	$2,5 \times 10^6$	

**Organoleptik**

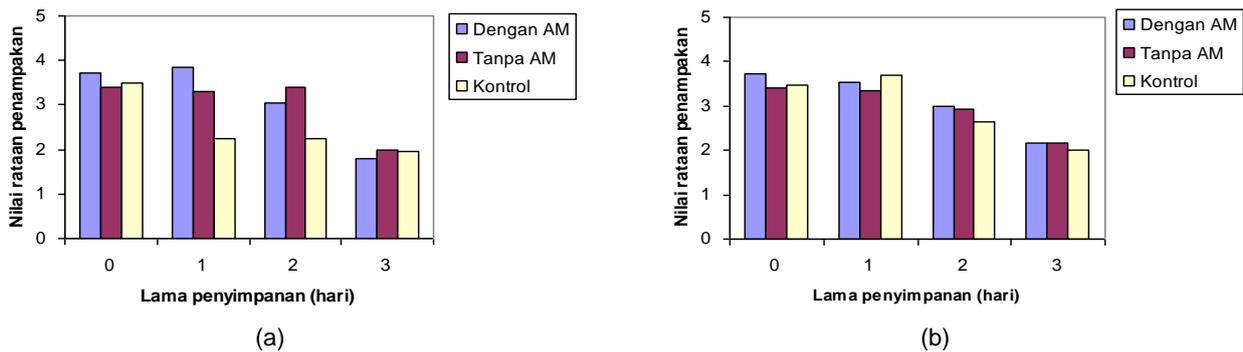
Uji organoleptik merupakan penilaian atas mutu produk berdasarkan pancaindera manusia melalui sensorik. Uji organoleptik atas produk aplikasi ini meliputi kenampakan keseluruhan, warna, dan aroma. Pengamatan dilaksanakan dengan skala hedonik bernilai 1–5 (sangat tidak suka = 1, tidak suka = 2, netral = 3, suka = 4, dan sangat suka = 5) yang bertujuan untuk mengetahui tanggapan panelis terhadap produk. Penilaian dilakukan oleh 25 panelis terlatih. Pengujian ini dilakukan secara hedonik (berdasarkan tingkat kesukaan panelis) dan skala mutu hedonik (berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan).

**Kenampakan Keseluruhan (Penerimaan secara Umum)**

Kenampakan produk menjadi salah satu parameter fisik yang dinilai panelis untuk menentukan diterima atau tidaknya mutu produk. Dari uji kesukaan atas kenampakan keseluruhan, yang paling tidak disukai oleh panelis adalah produk kontrol pada suhu 15 °C, sedangkan yang paling disukai cenderung tidak konstan (berubah) selama penyimpanan pada hari 0–15. Hal ini karena pada kontrol jumlah bakterinya lebih banyak sehingga kerusakannya lebih tinggi. Histogram perubahan nilai kenampakan keseluruhan bakso ikan setelah mengalami berbagai perlakuan dan berbagai suhu tersaji pada Gambar 14 dan 15.



Gambar 14 Nilai rata-rata kenampakan keseluruhan bakso ikan selama penyimpanan pada suhu (a) 5 dan (b) 15 °C.



Gambar 15 Nilai rata-rata kenampakan keseluruhan bakso ikan selama penyimpanan pada suhu (a) 27 dan (b) 37 °C.

**KESIMPULAN**

Secara keseluruhan mutu produk setelah penyimpanan memenuhi SNI 0-3819-1995. Pada aplikasinya bakso ikan yang disalut dengan tambahan ekstrak bawang putih lebih awet dan tahan lama dibandingkan dengan bakso yang disalut tanpa tambahan ekstrak bawang putih. Berdasarkan uji organoleptik, secara umum pada suhu 5 °C bakso ikan kontrol mulai hari ke-9 sudah tidak diterima panelis sedangkan untuk bakso yang disalut tanpa AM panelis sudah tidak menerima pada hari ke-12 dan untuk bakso yang disalut dengan AM panelis masih memberikan nilai netral pada hari ke-15. Pada suhu 15 °C bakso kontrol sudah tidak disukai pada hari ke-3, bakso yang disalut tanpa AM mulai tidak diterima panelis pada hari ke-12 dan yang disalut dengan AM mulai tidak diterima panelis pada hari ke-15. Pada suhu 27 dan 37 °C bakso kontrol sudah tidak disukai pada hari ke-1, bakso yang disalut tanpa AM dan dengan AM mulai tidak diterima panelis pada hari ke-3.

**DAFTAR PUSTAKA**

Appendini P, Hotchkiss JH. 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Engineering*. 3(1): 113–126.

[BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1995. SNI 01-3819 : Bakso Ikan.

Brody AI, Strupinsky EK, Kline LR. 1997. *Active Packaging for Food Application*. London (GB): CRC Press, hlm. 1–8.

Floros JD, Dock LL, Han JH. 1997. Active packaging technologies and application. *J Food, Cosm Drug Pack*. 20(1): 10–17.

Hanafiah TAR, Bustaman S. 1981. Pengaruh kondisi penanganan pada pola kemunduran mutu ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*). *Bul Penel Perik*. hlm. 15–18.

Kerry JP, O’Grady MN, Hogan SA. 2006. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging system for meat and muscle-based product: A review. *Meat Science* 74(1): 113–130.

Mehrabian S, Larry-Yazdy H. 1992. Antimicrobial activity of *Allium sativum*, *Allium cepa*, *Allium porrum*, (Liliaceae) against enteric pathogens (*Enterobacteriaceae*). *ISHS Transplant Production Systems*. P20–25.

Pavlah AT, Orts W. 2009. Edible film & coating: why, what & how?. Di dalam: Embuscado ME, Huber KC (ed). *Edible Film and Coating for Food Application*. London (GB): Springer hlm. 25.

Ramos M, Jimenez A, Peltzer M, Garrigos MC. 2012. Characterization and antimicrobial activity studies of polypropylene film with carvacrol and thymol for active packaging. *Journal of Food Engineering*. 109(3): 513–519.

- Rooney ML. 1995. Active, intelligent & modified atmosphere packaging. In: Rooney ML. (ed). *Active Food Pacaging*. Blackie Academic and Professional. Page. 1–2.
- Suppakul P, Miltz J, Sonneveld K, Bigger SW. 2003. Active packaging technologies with emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science*. 68(2): 408–420.
- Vermeiren L, Devlieghere F, van Beest M, de Kruijf N, Debevere J. 1999. Development in the active packaging of foods. *Trend in Food Science & Tenchonogy*. 10(1): 77–86.
- Winarno FG. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta (ID): Gramedia. hlm 32–40.
- Warsiki E, Sunarti TC, Damanik R. 2010. Pengembangan Kemasan Antimikrobial (AM) untuk Memperpanjang Umur Simpan Produk Pangan. *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB 2009, Buku 5 Bidang Teknologi dan Rekayasa Pangan*, 22–23 Desember 2010. Bogor (ID): Institut Pertanian Bgor. Hlm. 579–588.
- Zainab F. 2009. Pengembangan kemasan antimiroba berbahan alami untuk memperpanjang umur simpan produk. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.