

APLIKASI EDIBLE COATING BIONANOKOMPOSIT UNTUK PRODUK PEMPEK PADA PENYIMPANAN SUHU RUANG

[Application of Bionanocomposite Edible Coating on Pempek
during Storage at Room Temperature]

Mona Nur Moulia¹⁾, Rizal Syarief¹⁾, Nugraha Edhi Suyatma^{1)*}, Evi Savitri Iriani³⁾, dan Harsi Dewantari Kusumaningrum¹⁾

¹⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

²⁾ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor

Diterima 4 Mei 2018 / Disetujui 27 November 2018

ABSTRACT

*Edible packaging is a relatively new technology for food preservation, many research on edible coating had been conducted and it proved to prolong storage life and to improve the quality of food products. The main objective of this research was to investigate the shelf-life of pempek coated with edible bionanocomposite made from cassava starch, zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) and garlic extract. Bionanocomposite edible coating Z3B20 (containing ZnO-NPs 3% and garlic extract 20%) and Z3B30 (ZnO-NPs 3% and garlic extract 20%) were applied on pempek products. The parameters observed were total microbes, total *Staphylococcus aureus*, texture, total volatile nitrogen (TVN), moisture content, pH during storage at room temperature for 0, 6, 24 and 48 hours. The results showed that the total microbe numbers increased during the storage. Pempek coated with Z3B20 has a total microbes of 6.00 log CFU/g which was lower than that of control (6.99 log CFU/g). Meanwhile pempek coated with Z3B30 has *Staphylococcus aureus* counts of 2.93 log CFU/g which was lower than the control (4.05 log CFU/g) and pempek coated with Z3B30 stored for 48 hours (3.64 log CFU/g). The TVN values increased during storage from 17.33 mg/100 g to 18.94 mg/100 g while those in Z2B30 and Z3B30 decreased to 14.80 mg/100 g in Z3B30, respectively. The hardness increased during storage from 9.93 N in control, to 10.01 N in Z2B30 and 13.15 N in Z3B30, respectively. All coated pempeks after storage up to 48 hours had higher moisture contents. On the other hand, the pHs decreased for all samples during storage. Based on the total microbe numbers and TVN values, it can be concluded that the coated pempek stored for 24-hour or less were acceptable for consumption.*

Keywords: bionanocomposite, garlic extract, pempek, room storage, zink oxide

ABSTRAK

Pengemasan dengan *edible coating* merupakan salah satu pengawetan pangan yang relatif baru, yang telah banyak dilakukan dan terbukti dapat memperpanjang masa simpan dan memperbaiki kualitas produk pangan. Penambahan nanopartikel *zinc* oksida (NP-ZnO) dan ekstrak bawang putih ke dalam larutan *edible coating* pati ubi kayu bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi *edible coating* terhadap kualitas dan umur simpan pempek yang disimpan pada suhu ruang. Bionanokomposit *edible coating* dengan kombinasi (1) 3% NP-ZnO dan 20% ekstrak bawang putih (Z3B20) dan (2) 3% NP-ZnO dan 30% ekstrak bawang putih (Z3B30) telah diaplikasikan pada pempek melalui metode celup selama 30 detik dan kemudian dikeringanginkan. Variabel yang diukur adalah total jumlah mikroba, total *Staphylococcus aureus*, tekstur, total volatil nitrogen (TVN), kadar air, dan pH selama pempek disimpan pada suhu ruang selama 0, 6, 24 dan 48 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama penyimpanan pempek yang diberi perlakuan *coating* Z3B30 memiliki total mikroba sebesar 6,00 log CFU/g, lebih sedikit dibandingkan dengan kontrol (6,99 log CFU/g). Jumlah koloni *Staphylococcus aureus* pada pempek yang diberi perlakuan *coating* Z3B20 (2,93 log CFU/g) lebih sedikit dibandingkan kontrol (4,05 log CFU/g) dan Z3B30 (3,64 log CFU/g) pada jam ke-48. Nilai TVN meningkat dari 17,33 mg/100 g (kontrol) menjadi 18,94 mg/100 g (Z2B30) tetapi menurun menjadi 14,80 mg/100 g (Z3B30). Nilai *hardness* meningkat dari 9,93 N (kontrol) menjadi 10,01 N (Z2B30) dan 13,15 N (Z3B30). Kadar air sampai dengan jam ke-48 meningkat untuk semua sample. Sebaliknya, nilai pH menurun untuk semua perlakuan. Berdasarkan total jumlah mikroba dan nilai TVN, maka dapat disimpulkan bahwa pempek dengan masa simpan ≤24 jam masih layak dikonsumsi.

Kata kunci: bionanokomposit, ekstrak bawang putih, nanopartikel seng oksida, pempek, suhu ruang

*Penulis Korespondensi:
E-mail: nugrahaedhi@yahoo.com; mona_nurm@yahoo.com

PENDAHULUAN

Edible coating merupakan proses pelapisan dari bahan dapat dimakan yang diaplikasikan langsung ke permukaan produk baik melalui metode semprot, celup atau tetes sehingga berfungsi sebagai pengemas atau pelapis makanan yang sekaligus dapat dimakan bersama dengan produk yang dikemas. *Edible coating* berfungsi untuk memperpanjang umur simpan, sebagai pembawa komponen makanan diantaranya pengawet, antioksidan, vitamin, mineral, antimikroba, bahan untuk memperbaiki rasa dan warna produk yang dikemas.

Bahan *edible coating* yang paling banyak digunakan dari golongan polisakarida adalah pati, salah satunya adalah pati ubi kayu. Keunggulan *edible coating* berbasis pati adalah dapat mencegah dehidrasi, oksidasi lemak, mengurangi laju respirasi dengan mengontrol komposisi gas O₂ dan CO₂ dalam atmosfer internal serta mencegah pencoklatan pada permukaan produk yang dilapisi. Selain keunggulan tersebut, *edible coating* berbasis pati juga memiliki kelemahan, salah satunya adalah resistensinya terhadap air rendah karena sifat hidrofilik dari pati (Garcia *et al.*, 2011).

Salah satu cara untuk memperbaiki karakteristik *edible coating* adalah menambahkan bahan pengisi berukuran nano, seperti nanopartikel zinc oksida (NP-ZnO), ke dalam biopolimer sehingga terbentuk polimer nanokomposit serta penambahan bahan alami ekstrak bawang putih untuk meningkatkan aktivitas antibakteri larutan *edible coating*. Bionanokomposit adalah komposit yang tersusun dari matriks polimer alami dan pengisi berupa materi yang berskala nano. Bionanokomposit juga dapat diperoleh dari dua atau lebih bahan pengisi berskala nano; misalnya, bahan dari sumber yang dapat diperbaharui (*renewable*) dan dari bahan sintetik atau inorganik seperti polipropilen, polivinilklorida dan lain-lain (Rathore dan Pradhan, 2017).

Bionanokomposit *edible coating* dapat diaplikasikan pada produk pangan, salah satunya pempek. Pempek merupakan makanan khas Palembang, Provinsi Sumatera Selatan yang memiliki proses pengolahan tanpa menggunakan bahan pengawet, sehingga proses pengemasan tradisional menyebabkan umur simpan pempek hanya sekitar sehari jika penyimpanan dilakukan pada suhu ruang. Penyimpanan lebih dari 16 jam menyebabkan pembentukan lendir pada permukaan produk, citarasa yang tidak enak, dan pertumbuhan bakteri; terutama *Staphylococcus aureus* (Pratama *et al.*, 2016).

Pempek terbuat dari beberapa bahan dasar seperti tepung, daging ikan dan bawang putih sebagai salah satu rempah-rempah. Pempek mengandung air 58,59%, protein 15,84%, karbohidrat 20,17%, lemak 1,41% dan abu 1,57% (Rosdiana, 2002). Komponen-komponen tersebut menyebabkan pem-

pek mudah mengalami kerusakan. Hasil penelitian Karneta *et al.* (2013) menunjukkan pempek dengan komposisi 39,7% berasal dari ikan dan disimpan pada suhu ruang hanya mampu bertahan selama satu hari. Kerusakan atau kemunduran mutu pempek ditandai dengan perubahan pada tekstur pempek, terbentuk lendir pada permukaan, warna pempek berubah menjadi kuning atau kecoklatan, timbul bau busuk dan penurunan pH. Ketetapan batas keberadaan mikroba pada pempek, terutama bakteri patogen, menurut ketentuan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) No. HK 00061524011 tahun 2009 untuk produk perikanan yang dikukus atau direbus maksimum sebesar <3 CFU/g untuk *Escherichia coli*, negatif/25 g untuk *Salmonella* dan 1x10³ CFU/g untuk *Staphylococcus aureus*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh aplikasi *edible coating* berbasis pati ubi kayu diinkorporasi dengan seng oksida (NP-ZnO) dan ekstrak bawang putih terhadap kualitas dan umur simpan pempek yang disimpan pada suhu ruang.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pempek komersial dari Palembang, pati ubi kayu yang diperoleh dari PT. Budi Starch dan Sweetener Tbk (Indonesia), nanopartikel ZnO (ø 20 nm) yang diperoleh dari *Wako Pure Chemical Industries* (Jepang), ekstrak bawang putih, gliserol, *Baird-Parker Agar* (*Merck-Germany*), *egg yolk tellurite emulsion* (*Merck-Germany*), *buffered peptone water* (*Oxoid Ltd, England*), *Plate Count Agar* (*Oxoid Ltd, England*), magnesium oksida, asam borat, indikator *methyl red*, NaCl (*Merck, Denmark*).

Pembuatan ekstrak bawang putih

Bawang putih dikupas dan dibersihkan, kemudian dihancurkan menggunakan *Butchi Mixer B-400* (Switzerland). Bawang putih ditimbang dengan perbandingan 3:4 (b/v) terhadap pelarut aquades dalam erlenmeyer dan digoyang selama 6 jam menggunakan Kika Labortechnik KS 501 digital dan dimaserasi selama 18 jam. Ekstrak bawang putih disaring menggunakan kain saring.

Pembuatan larutan *edible coating* kontrol

Pati ubi kayu sebanyak 2 g dilarutkan dalam 100 mL akuades. Larutan pati ubi kayu diaduk menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* (MR Hei-Standard Heidolph, Germany) dan dipanaskan hingga suhu 75°C. Kemudian gliserol ditambahkan sebanyak 20% (b/b pati ubi kayu).

Pembuatan larutan *edible coating* mengandung NP-ZnO dan ekstrak bawang putih

NP-ZnO dengan konsentrasi 1 dan 3 % (b/b pati) dilarutkan dalam 100 mL akuades menggunakan *magnetic stirrer* selama 5-10 menit. Pati ubi kayu sebanyak 2 g dimasukkan dalam larutan NP-ZnO sambil diaduk menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* dan dipanaskan hingga suhu 75°C. Gliserol ditambahkan sebanyak 20% (b/b pati ubi kayu). Larutan didinginkan sampai suhu 50°C kemudian ditambahkan ekstrak bawang putih dengan konsentrasi 10, 20 dan 30% (v/v larutan).

Pelapisan pempek dengan bionanokomposit

Pempek yang dipergunakan pada penelitian ini adalah pempek lenjer, berbentuk silinder dengan ukuran diameter 2,5 cm dan panjang 6 cm. Pada tahap prapenelitian ditentukan hasil *coating* pempek terbaik dari dua formulasi bahan *edible coating* berdasarkan pada hasil pembobotan data aktivitas anti-bakteri, nilai *water vapour transmission rate*, *water absorption* dan warna (data tidak ditampilkan), yaitu larutan *coating* dengan konsentrasi ZnO-NP 3% ekstrak bawang putih 20% (Z3B20) dan larutan *coating* dengan konsentrasi ZnO-NP 3% ekstrak bawang putih 30% (Z3B30). Pelapisan pempek lenjer dilakukan dengan mencelupkan pempek ke dalam larutan *coating* selama 30 detik dan dikeringanginkan. Komposisi terpilih ini dilanjutkan untuk penelitian utama. Kemudian dilakukan pengamatan kerusakan pempek mulai jam ke-0, ke-6, ke-24 dan ke-48 dengan menetapkan parameter total mikroba, *Staphylococcus aureus*, *texture profile*, total nitrogen volatil, kadar air dan pH dengan 3 kali ulangan.

Analisis total mikroba

Analisis total mikroba menggunakan metoda (BAM, 2001). Sampel pempek sebanyak 10 g dihaluskan dalam *stomacher* dan dilarutkan dalam 90 mL larutan NaCl 0,85% steril, sehingga didapatkan pengenceran 10^{-1} kemudian dilanjutkan pengenceran 10^{-2} hingga 10^{-4} . Masing-masing pengenceran dipipet 1 mL dimasukkan dalam cawan petri steril, setiap pengenceran dipindahkan dalam 2 cawan petri. Setiap cawan petri diisi dengan 15 mL media Plate Count Agar (PCA) kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Jumlah mikroba hidup dihitung dengan menggunakan *coloni counter* (K & K Scientific & Medical Equipmenets Supplier, Korea Selatan).

Analisis *staphylococcus aureus*

Analisis *Staphylococcus aureus* menggunakan metoda (BAM, 2016). Media *Baird Parker Agar* steril ditambahkan dengan *egg yolk tellurite emulsion* (Merck, Germany) dituang ke cawan petri sebanyak 15-20 mL dan dibiarkan hingga mengeras. Sampel pempek sebanyak 10 g dihaluskan dalam *stomacher*

dan dilarutkan dalam 90 mL larutan NaCl 0,85% steril, sehingga didapatkan pengenceran 10^{-1} , kemudian dipipet sebanyak 1 μ L dan diratakan di atas media menggunakan *hockey stick* steril yang terbuat dari kaca, diinkubasi dengan posisi cawan terbalik pada suhu 37°C selama 48 jam. Jumlah *S. aureus* dihitung dengan menggunakan *coloni counter*. Koloni *S.aureus* berbentuk bulat cembung berwarna hitam dengan diameter 1-5 mm dengan zona bening di sekitarnya.

Texture profile analysis (TPA)

Analisis profil tekstur menggunakan metoda (Jha *et al.*, 2010 yang dimodifikasi). *Texture Profile* pempek ditetapkan menggunakan instrumen *texture analyzer Brookfield Engineering Labs, Inc.* (USA) dengan tipe *probe TA 4/1000*, beban kompresi 4.500 g dengan kecepatan kompresi 1 mm/s. Kompresi dilakukan pada 2 titik yang berbeda pada setiap pempek. Kekerasan sampel diperoleh dari nilai maksimum (N) rata-rata yang tercatat selama dilakukan kompresi. Parameter *Texture Profile* yang dianalisis meliputi *hardness*, *adhives*, *cohesiveness*, *gumminess* dan *chewiness*.

Analisis total volatile nitrogen (TVN)

Analisis TVN menggunakan metoda (Suliaman *et al.*, 2012). Sampel ditimbang 10 g kemudian dihancurkan dalam 300 mL akuades dan ditambah dengan 2 g magnesium oksida. Labu penampung distilat diisi 25 mL asam borat 2% dan 2 tetes indikator *methyl red*. Larutan sampel didistilasi selama 25 menit. Larutan dalam labu penerima dititrasi hingga *end point* dengan asam sulfat 0,05 N terstandarisasi.

$$\text{TVN (mg/100g)} = \frac{V \times N \times 100 \times 14}{W}$$

dimana, W= berat sampel pempek (g); V= volume H_2SO_4 (mL); dan N= normalitas H_2SO_4 .

Penetapan kadar air

Analisis kadar air menggunakan metoda (AOAC, 2005). Cawan porselen yang akan digunakan dimasukkan terlebih dahulu ke dalam oven (Mommert, Germany) dengan suhu 105°C selama 1 jam, kemudian cawan porselen dimasukkan ke dalam desikator hingga beratnya konstan dan ditentukan beratnya. Sampel pempek sebanyak 3 g (A) dimasukkan ke dalam cawan porselen (total berat, B) dan kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 5 jam. Setelah itu dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang hingga beratnya konstan (C). Perhitungan kadar air dilakukan menggunakan formula:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B-C}{A} \times 100\%$$

Analisis nilai pH

Analisis kadar air menggunakan metoda Yunita *et al.* (2015). Pengecekan pH sampel pempek dilakukan dengan menggunakan pH/ORP meter HI 2211 *Hanna Instruments* (UK). Sampel pempek sebanyak 20 g dihancurkan menggunakan *stomacher*, kemudian ditambah dengan 20 mL akuades, pH sampel ditentukan menggunakan pH meter.

Analisis statistik

Analisis statistik penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) menggunakan ANOVA dan apabila hasil menunjukkan beda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada $\alpha = 5\%$. Pengujian dilakukan dengan bantuan program perhitungan IBM SPSS *Statistics* (*Statistical Package for service solutions*) versi 22.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

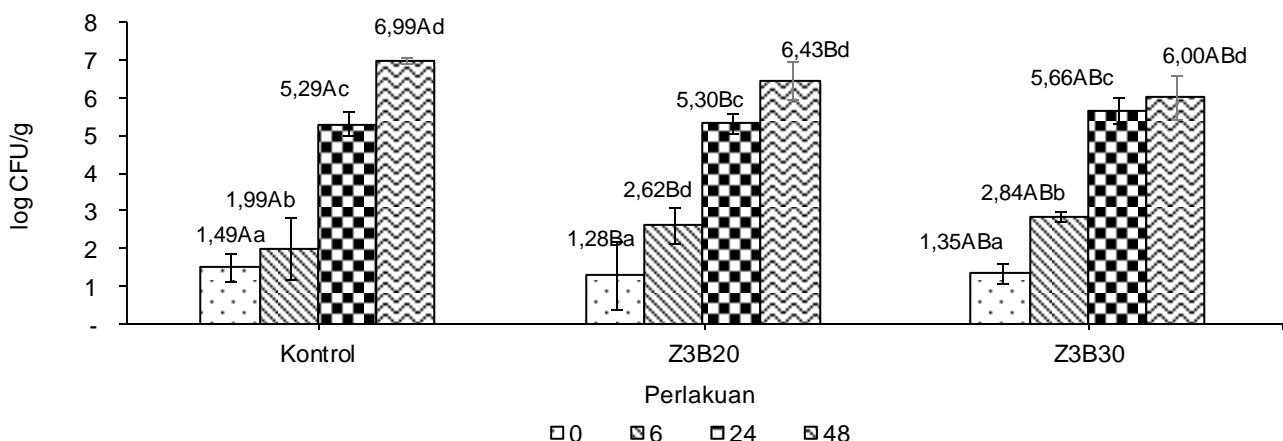
Total mikroba

Total mikroba pempek semakin meningkat dengan semakin lamanya waktu penyimpanan. Total mikroba pempek tanpa *coating* (kontrol) lebih banyak dibandingkan pempek yang diberi perlakuan *coating* (Z3B20 dan B3Z30) pada jam ke-48 (Gambar 1). Berdasarkan analisis sidik ragam, total jumlah mikroba antar perlakuan dan lamanya penyimpanan pada pempek berbeda nyata. Perubahan kenaikan jumlah mikroba dari jam ke-0 hingga jam ke-48 pada pempek kontrol dan pempek yang *coating* masing-masing sebesar 5,50 log CFU/g (kontrol), 5,15 log CFU/g dan 4,65 log CFU/g. Jumlah mikroba meningkat selama penyimpanan secara signifikan disebabkan cenderung meningkatnya aktivitas metabolisme dan pertumbuhan mikroba. O'Mahony *et al.* (2005) menyatakan hari ke-0 hingga dua minggu adalah masa pertumbuhan bakteri,

umur dua minggu hingga empat minggu aktivitas mikroba terjadi optimal.

Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Karneta *et al.* (2013) dan Baehaki *et al.* (2019) pada pempek lenjer menunjukkan adanya peningkatan total mikroba dengan semakin tingginya suhu dan lama penyimpanan. Akan tetapi, bertentangan dengan hasil penelitian Warsiki *et al.* (2013) pada bakso ikan yang diberi perlakuan *coating* agar-agar atau karagenan dan ekstrak bawang putih menunjukkan penurunan jumlah mikroba dibandingkan perlakuan tanpa bahan antimikroba (ekstrak bawang putih) selama penyimpanan karena zat aktif yang ada di dalam ekstrak bawang putih menghambat pertumbuhan mikroba. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan mikroba selama penyimpanan disebabkan oleh ketersediaan komponen organik yang terdapat pada pempek, terutama protein, karbohidrat dan air. Perbedaan komposisi nutrisi bakso dari pempek dapat terjadi sehingga memberikan hasil pertumbuhan mikroorganisme yang berbeda.

Pertumbuhan mikroba dalam makanan menghasilkan beragam metabolit atau produk samping yang berasosiasi dengan karakteristik kerusakan (Karneta *et al.*, 2013). Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (BSN) SNI 7388:2009 bahwa batas maksimum cemaran mikroba untuk ikan dan produk olahannya adalah 5×10^5 CFU/g (5,70 log CFU/g). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pempek kontrol dan pempek yang *coating* pada penyimpanan suhu ruang selama 6 jam dan 24 jam masa simpan masih layak untuk dikonsumsi dengan total mikroba pada jam ke-6 masing-masing 1,99 log CFU/g (kontrol), 2,62 log CFU/g (Z3B20) dan 2,84 log CFU/g (Z3B30) dan total mikroba pada jam ke-24 masing-masing 5,29 log CFU/g (kontrol), 5,30 log CFU/g (Z3B20) dan 5,66 log CFU/g (Z3B30).



Keterangan: Perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata pada kolom yang samamenunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan (A, AB, B) dan perbedaan nyata antar lamanya penyimpanan (a-d)

Gambar 1. Total mikroba pempek pada suhu ruang (25°C)

Pada proses pengolahan pempek, seperti perebusan, memerlukan suhu yang tinggi sehingga dapat menyebabkan kerusakan fisikokimia pempek antara lain denaturasi protein dan gelatinisasi pati. Gelatinisasi pati meregangkan misela sehingga lebih banyak air terperangkap dalam granula mengakibatkan ukuran granula membesar (Kusnandar, 2010). Ketika granula terdisintegrasi, molekul amilosa keluar dari granula. Pada saat pendinginan sebelum proses *coating* pempek dilakukan, amilosa dapat bergabung dengan cepat membentuk kristal tidak larut disertai dengan sineresis sebagai air bebas. Kondisi ini meningkatkan peluang mikroba untuk tumbuh pada pempek.

Total *Staphylococcus aureus*

Hasil uji *S. aureus* menggunakan media BPA dan *egg yolk tellurite* menunjukkan hasil yang positif, ditandai dengan koloni yang tumbuh berwarna hitam, cembung dan timbul zona bening di sekitar koloni. Berdasarkan analisis ragam jumlah koloni *S. aureus* berbeda nyata selama waktu penyimpanan. Perubahan jumlah koloni dari jam ke-24 ke jam 48 masing-masing untuk kontrol meningkat 0,37 log CFU/g, tetapi jumlah mikroba untuk Z3B20 menurun sebesar 0,99 log CFU/g dan untuk Z3B30 menurun sebesar 0,21 log CFU/g (Tabel 1). Pertumbuhan *S. aureus* lebih cepat pada pempek yang disimpan dalam suhu ruang dengan masa simpan 16 jam (Pratama *et al.* (2015); Pratama *et al.* (2016)) karena suhu optimum pertumbuhan *S. aureus* berkisar antara 30-37°C (Valero *et al.*, 2009). Batas maksimum yang dibatasi oleh BPOM untuk keberadaan *S. aureus* pada pempek adalah 3 log CFU/g. Hasil penelitian Pratama *et al.* (2016) dan Warsiki *et al.* (2015) juga menunjukkan peningkatan jumlah *S. aureus* pada pempek selama penyimpanan yang mengindikasikan pertumbuhan *S. aureus*. Pertumbuhan *S. aureus* pada pempek seiring dengan penurunan nutrisi pempek terutama protein dari 18,26 menjadi 10,36%.

Tabel 1. Total *Staphylococcus aureus* pada pempek

Perlakuan	Total <i>Staphylococcus aureus</i> (log CFU/g)			
	Lama Penyimpanan (Jam)			
	0	6	24	48
Kontrol	-	-	3,68±0,39 ^c	4,05±0,02 ^d
Z3B20	-	-	3,92±0,28 ^c	2,93±0,32 ^d
Z3B30	-	-	3,85±0,38 ^c	3,64±0,06 ^d

Keterangan: (-) = tidak ada bakteri yang tumbuh. Perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan

Total *S. aureus* pada penelitian ini lebih tinggi diperoleh dari pempek kontrol dibanding pempek yang diberi *coating* dikarenakan pada pempek kontrol tidak ada *barrier* (penghalang) seperti pempek yang mengalami *coating*. Salah satu fungsi *coating*

adalah sebagai *barrier* masuknya bakteri ke dalam produk pangan. Selain itu *edible coating* yang mengandung NP-ZnO dan ekstrak bawang putih ditemukan memiliki aktivitas antibakteri (Espitia *et al.*, 2013, Sari *et al.*, 2013).

Terdapat tiga mekanisme dari nanopartikel sebagai antibakteri, yang pertama NPs-ZnO akan melakukan penetrasi ke dalam sel bakteri melalui lubang atau tonjolan pada dinding sel yang akan menyebabkan dinding sel terganggu dan rusak sehingga sel akan menjadi lisis. Mekanisme yang kedua adalah dengan cara NP-ZnO akan menginduksi terbentuknya spesies oksigen reaktif (ROS) seperti superoksida anion (O₂⁻), hidrogen peroksida (H₂O₂) dan hidroksida (OH⁻). Oksigen reaktif ini memengaruhi kerusakan komponen seluler seperti lemak, DNA dan protein sehingga sel akan menjadi rusak (Sirelkhathim *et al.*, 2015). Mekanisme yang terakhir dengan cara NP-ZnO akan berinteraksi dengan sulfur dan fosfor pada senyawa seperti DNA, sehingga sel akan mengalami kehilangan kemampuan untuk replikasi dan akan mencegah pertumbuhan dari sel bakteri (Arabi *et al.*, 2012).

Tekstur

Hardness merupakan puncak gaya/beban maksimum pada tekanan pertama atau pada gigitan pertama, dengan satuan kg, g atau N (Indiarto *et al.*, 2012). Nilai *hardness* dari jam ke-6 sampai jam ke-48 pada sampel kontrol meningkat sebesar 3,18 N dan pempek dengan *coating* Z3B20 sebesar 3,10 N sedangkan pada pempek dengan *coating* Z3B30 meningkat sebesar 5,01 N dari jam ke-0 sampai dengan jam ke-24 (Tabel 2).

Nilai *hardness* pada pempek yang diberi perlakuan *coating* lebih tinggi dibanding pada pempek kontrol (9,93 N) masing-masing sebesar 10,01 N (Z3B20) dan 13,15 N (Z3B30) namun *adhesiveness*, *cohesiveness*, *gumminess* dan *chewiness* tidak berbeda nyata. Hasil penelitian Alotaibi dan Tahergorabi (2018) pada udang yang diberi *coating* berbahan *sweet potato starch* mengandung *thyme essential oil* memiliki nilai *hardness* lebih tinggi dibandingkan dengan sampel tanpa *coating*, kecuali pada hari pertama. Udang yang diberi *coating* memiliki nilai *hardness* lebih tinggi selama penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi bakteri pada pempek yang diberi *coating* lebih rendah dibanding pempek kontrol. Aktivitas bakteri dapat menyebabkan pembusukan pada makanan dari produk olahan ikan terutama bakteri asam laktat yang dapat mengubah sifat sensori selama penyimpanan produk olahan ikan. Bakteri asam laktat dan bakteri Gram negatif menghasilkan H₂S selama pertumbuhan sehingga menimbulkan bau yang sangat menyengat. Nilai *hardness* tinggi juga terjadi akibat agregasi disertai dengan kehilangan air yang disebabkan oleh denaturasi fraksi myofibril (Farajzadeh *et al.*, 2016).

Perubahan tekstur juga disebabkan oleh peningkatan bakteri mesofilis aerobik yang ditandai dengan peningkatan total mikroba pempek dengan semakin meningkatnya suhu dan lamanya penyimpanan, demikian pula adanya interaksi antara *coating* dengan jaringan permukaan sampel (Jiang *et al.*, 2011).

Total volatile nitrogen (TVN)

TVN merupakan parameter untuk menentukan kemunduran mutu ikan atau produk olahan ikan yang mengandung protein. Peningkatan konsentrasi TVN pempek pada kontrol sebesar 5,69 mg/100 g, pada pempek yang diberi *coating* Z3B20 sebesar 7,88 mg/100 g dan pempek yang diberi *coating* Z3B30 sebesar 2,39 mg/100 g (Tabel 3). Peningkatan konsentrasi TVN pada pempek disebabkan oleh peningkatan jumlah total mikroba serta jumlah *S. aureus* pada pempek. Hasil penelitian Pratama *et al.* (2016) pada pempek lenjer juga menunjukkan adanya peningkatan TVN selama penyimpanan selama 24 jam pada kondisi kemasan tidak vakum dan suhu ruang. Demikian pula hasil penelitian Karneta *et al.* (2013) pada pempek lenjer menunjukkan adanya peningkatan TVN dengan semakin tingginya suhu dan lama penyimpanan.

Menurut Songsaeng *et al.* (2010), peningkatan nilai TVN sebagai akibat dari pertumbuhan mikroba yang semakin cepat yang terlibat dalam produksi basa volatil. Bakteri mendegradasi protein dan turunannya menjadi basa volatil seperti ammonia, trimetilamin, histamin, indol, H₂S dan skatol, dan menguraikan trimetil amin oksida menjadi trimetil amin (Karneta *et al.*, 2013). TVN terbentuk selama penyimpanan pempek (Jinadasa, 2014). Pempek dengan *edible coating* mampu melindungi produk dari terbentuknya basa volatil yang tidak diinginkan.

Kadar TVN maksimal produk makanan yang dapat diterima sebesar 20 mg/100 g (Castro *et al.*, 2012), tidak boleh lebih 30-35 mg/100 g dalam daging ikan (Amegovu *et al.*, 2012). Jika berdasarkan parameter TVN dan total mikroba, pempek yang di-

beri *coating* yang disimpan selama 48 jam masih layak untuk dikonsumsi karena maksimal kandungan TVN pada sampel selama penyimpanan sebesar 18,94 mg/100 g.

Tabel 3. Nilai kadar air, pH dan total volatile nitrogen (TVN) pada sampel pempek

Sampel	Waktu jam ke-	Kadar Air %	pH	TVN (mg/100 g)
Kontrol	0	56,80±5,64 ^a	6,87±0,05 ^b	11,64±0,67 ^a
	6	59,62±3,03 ^a	6,86±0,05 ^b	12,64±0,27 ^a
	24	60,13±1,59 ^{ab}	6,89±0,05 ^a	17,33±1,10 ^c
	48	64,06±1,65 ^b	6,62±0,05 ^a	15,10±0,57 ^b
Z3B20	0	56,80±5,64 ^a	6,87±0,05 ^b	11,64±0,67 ^a
	6	58,54±2,28 ^a	6,84±0,01 ^b	11,56±0,41 ^a
	24	61,80±2,22 ^{ab}	6,60±0,06 ^a	18,94±0,41 ^c
	48	62,97±2,36 ^b	6,68±0,08 ^a	15,64±0,55 ^b
Z3B30	0	56,80±5,64 ^a	6,87±0,05 ^b	11,64±0,67 ^a
	6	60,13±0,89 ^a	6,90±0,01 ^b	12,38±0,24 ^a
	24	62,44±2,75 ^{ab}	6,41±0,15 ^a	14,50±0,54 ^c
	48	62,05±1,99 ^b	6,58±0,03 ^a	14,80±1,40 ^b

Keterangan: Perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan

Kadar air

Kadar air pempek kontrol pada penyimpanan hingga jam ke-48 meningkat sebesar 7,26%. Peningkatan ini lebih besar daripada kadar air pempek yang diberi *coating* Z3B20 (6,17%) dan Z3B30 (5,25%) (Tabel 2).

Tabel 2. Tekstur pada sampel pempek

Sampel	Waktu Jam ke-	Texture Profile				
		Hardness (N)	Adhesiveness	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness(N)
Kontrol	0	9,55±2,46 ^d	0,31±0,37 ^a	0,82±0,02 ^a	7,96±2,23 ^a	7,06±1,76 ^a
	6	6,75±3,37 ^a	0,12±0,12 ^a	0,85±0,01 ^a	5,79±3,50 ^a	4,97±2,90 ^a
	24	8,50±0,55 ^d	0,61±0,76 ^a	0,81±0,01 ^a	6,70±0,60 ^a	6,27±0,68 ^a
	48	9,93±1,33 ^d	0,40±0,05 ^a	0,86±0,03 ^a	8,69±1,54 ^a	7,77±1,32 ^a
Z3B20	0	10,27±1,73 ^d	0,65±0,71 ^a	0,83±0,01 ^a	8,53±1,69 ^a	7,41±1,76 ^a
	6	6,91±0,23 ^a	0,17±0,02 ^a	0,80±0,01 ^a	5,66±0,08 ^a	4,78±0,35 ^a
	24	7,25±0,62 ^d	0,85±0,34 ^a	0,85±0,01 ^a	6,28±0,54 ^a	5,36±0,15 ^a
	48	10,01±1,46 ^d	0,70±0,17 ^a	0,85±0,00 ^a	8,74±1,45 ^a	8,13±1,35 ^a
Z3B30	0	8,14±1,34 ^d	0,32±0,11 ^a	0,82±0,04 ^a	6,78±1,05 ^a	5,92±1,10 ^a
	6	9,23±2,88 ^a	0,46±0,45 ^a	0,82±0,01 ^a	7,81±3,09 ^a	6,91±2,53 ^a
	24	13,15±0,97 ^d	0,69±0,47 ^a	0,83±0,01 ^a	11,02±0,94 ^a	9,62±0,28 ^a
	48	9,36±1,83 ^d	1,19±0,33 ^a	0,81±0,01 ^a	7,70±1,94 ^a	6,71±1,80 ^a

Keterangan: Perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan

Hasil penelitian Sembiring (2011) juga menunjukkan adanya peningkatan kadar air pada pempek yang diberi *coating* mengandung kitosan dibandingkan dengan kontrol selama penyimpanan. *Coating* berfungsi sebagai *barrier* (penghalang) karena *coating* mengandung NP-ZnO dan ekstrak bawang putih yang bersifat hidrofilik. Peningkatan kadar air pada pempek kontrol disebabkan oleh tidak adanya *barrier* (penghalang) seperti pempek yang diberi *coating*. Akibatnya pempek kontrol tidak memiliki ketahanan terhadap gas O₂ dan CO₂ sehingga kelembaban udara dari lingkungan masuk ke dalam pori-pori pempek dan menjadikan pempek lebih basah. Kenaikan kadar air pada pempek yang diberi *coating* tidak sebesar peningkatan pada kontrol, bahkan ada yang menurun. Hal ini disebabkan oleh adanya bahan pengisi *coating* seperti NP-ZnO dan ekstrak bawang putih yang bersifat hidrofilik. Inkorporasi NP-ZnO dalam *edible coating* dapat mengurangi kapasitas absorpsi air (Andiyana *et al.*, 2016). Penambahan ekstrak bawang putih pada *edible coating* dari pati ubi kayu juga dapat melemahkan ikatan antar molekul amilosa sehingga menurunkan kemampuan jaringan untuk mengikat air sehingga air bebas yang berada dalam material *coating* mudah menguap selama proses pengeringan (Sari *et al.*, 2013).

Nilai pH

Nilai pH pempek mengalami penurunan pada semua sampel (Tabel 3). Penurunan pH selama penyimpanan disebabkan penetrasi gas yang bersifat asam yang dihasilkan oleh degradasi protein oleh bakteri *S. aureus* pada pempek (Pratama *et al.*, 2016), adanya produksi asam yang dihasilkan dari respirasi sel bakteri, dalam alur glikolisis menghasilkan asam karboksilat yang mengkontaminasi pempek (Petkova *et al.*, 2013). Pada proses pembusukan ikan dan produk olahan ikan, perubahan pH daging ikan disebabkan oleh proses autolisis dan penyerangan bakteri. Secara umum bakteri tumbuh lebih cepat pada pH 6,0-8,0, khamir pada pH 4,5-6,0 dan kapang pada pH 3,5-4,0; kecuali pada bakteri yang memproduksi asam sebagai hasil metabolismenya (Fields, 1979).

Penelitian Hadi *et al.* (2014) juga menunjukkan penurunan nilai pH seiring dengan lamanya penyimpanan pada bakso daging kontrol, bakso daging yang diberi *coating* mengandung 1% kitosan atau yang diberi *coating* mengandung kitosan 1% dan penambahan ekstrak bawang putih 2% pada jam ke-0 sampai jam ke-24. Penurunan pH dan terbentuknya bau busuk pada sampel bakso daging kontrol dan yang diberi *coating* menunjukkan adanya aktivitas mikroba fakultatif anaerob. Penelitian Warsiki *et al.* (2013) juga menunjukkan adanya penurunan pH pada bakso ikan yang diberi *coating* dengan larutan berbahan karagenan, agar, dan bawang putih berkisar 7,0-5,0 yang disebabkan oleh aktivitas mikroor-

ganisme sehingga pemecahan karbohidrat menjadi asam sangat tinggi dan jumlah asam yang dihasilkan lebih banyak.

KESIMPULAN

Penambahan NP-ZnO dan ekstrak bawang putih pada bahan bionanokomposit *edible film* yang diaplikasikan pada produk pempek memengaruhi jumlah total mikroba, jumlah koloni *S. aureus*, TVN, tekstur, kadar air dan pH produk sehingga efektif digunakan sebagai pengemasan produk pangan. Berdasarkan jumlah total mikroba dan nilai TVN pada pempek yang diberi *coating* dengan masa simpan 24 jam pada suhu ruang masih layak dikonsumsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian karena memfasilitasi penulis melakukan penelitian dan Kementerian Pertanian yang memberikan beasiswa untuk program Doktoral.

DAFTAR PUSTAKA

- Alotaibi S, Tahergorabi R. 2018. Development of a sweet potato starch-based coating and its effect on quality attributes of shrimp during refrigerated storage. *LWT-Food Sci Technol* 88: 203-209. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.022.
- Amegowu AK, Sserunjogi ML, Ogwok P, Makokha V. 2012. Nucleotide degradation products, total volatile basic nitrogen, sensory and microbiological quality of Nile perch (*Latesniloticus*) fillets under chilled storage. *J Microbiol Biotech Food Sci* 2: 653-666.
- Andiyana Y, Suyatma NE, Suliantari. 2016. Physico-mechanical properties of starch-based nanocomposite film incorporated with hydrothermally synthesized zinc oxide nanoparticles. *Mater Sci Forum* 872: 162-167. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.872.162.
- Arabi F, Imandar M, Negahdary M, Noughabi MT, Akbari-dastjerdi H, Fazilati M. 2012. Investigation anti-bacterial effect of zinc oxide nanoparticles upon life of *Listeria monocytogenes*. *Ann Biol Res* 3: 3679-3685.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. Official method of analysis of official analytical of chemist. The Association of Official Analytical Chemist, Inc. Arlington.

- Baehaki A, Nopianti R, Wati LT. 2019. Pengaruh hidrolisat kolagen dari kulit ikan patin (*Pangasius pangasius*) terhadap umur simpan pempek ikan gabus (*Channa striata*). J Agroind Halal 5: 67-74.
- [BAM] Bacteriological Analytical Manual. 2001. BAM: Aerobic Plate Count. <https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm2006949.htm> [19 April 2018].
- [BAM] Bacteriological Analytical Manual. 2016. BAM: *Staphylococcus aureus*. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fda-bam-appendix1.pdf> [19 April 2018].
- Castro P, Millan R, Penedo JC, Sanjuan E. 2012. Effect of storage conditioning on total volatile base nitrogen determinations in fish muscle extracts. J Aquat Food Prod T 21: 519-523. DOI: 10.1080/10498850.2011.610917.
- Espitia PJP, Soares ND, Teófilo RF, dos Reis Coimbra JS, Vitor DM, Batista RA, Ferreira SO, de Andrade NJ, Medeiros EAA. 2013. Physical-mechanical and antimicrobial properties of nanocomposite films with pediocin and ZnO nanoparticles. Carbohyd Polym 94: 199-208. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.01.003.
- Farajzadeh F, Motamedzadegan A, Shahidi S. 2016. The effect of chitosan-gelatin coating on the quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under refrigerated condition. Food Control 67: 163-170. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.02.040.
- Fields ML. 1979. Fundamentals of Food Microbiology. 625. New York: Mc. Graw Hill Book Co.
- Garcia NL, Ribbon L, Dufresne A, Aranguren M, Goyanes S. 2011. Effect of glycerol on the morphology of nanocomposites made from thermoplastic starch and starch nanocrystals. Carbohyd Polym 84: 203-210. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.11.024.
- Hadi HNSS, Suyatma NE, Syarif R. 2014. Aplikasi kitosan dengan penambahan ekstrak bawang putih sebagai pengawet dan pelapis edible bakso sapi. J Sains Terapan 4: 35-45.
- Indiarto R, Nurhadi B, Subroto E. 2012. Kajian karakteristik tekstur (Texture profil analysis) dan organoleptik daging ayam asap berbasis teknologi asap cair tempurung kelapa. J Teknol Hasil Pertanian 5: 106-116.
- Jha SK, Sethi S, Srivatav M, Dubey AK, Sharma RR, Samuel DVK, Singh AK. 2010. Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. J Food Eng 97: 208-212. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.10.011.
- Jiang M, Liu S, Wang Y. 2011. Effects of antimicrobial coating from catfish skin gelatin on quality and shelf life of fresh white shrimp (*Penaeus vannamei*). J Food Sci 76: 204-209. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2011.02056.x.
- Jinadasa BKKK. 2014. Determination of quality of marine fishes based on total volatile base nitrogen test (TVB-N). Nat Sci 12: 106-111.
- Karneta R, Rejo A, Priyanto G, Pambayun R. 2013. Difusivitas panas dan umur simpan pempek lenjer. J Keteknikan Pertanian 1: 131-141. DOI: 10.19028/jtep.01.1.131-141.
- O'Mahony JA, Lucey JA, McSweeney PL. 2005. Chymosin-mediated proteolysis, calcium solubilization, and texture development during the ripening of cheddar cheese. J Dairy Sci 88: 3101-3114. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72992-1.
- Petkova V, Obreshkova D, Vodenicharov E, Hadjieva B, Koleva N, Petkova E, Dimitrov M. 2013. Essential amino acids-review of some of the contemporary analytical methods for detection. Word J Pharm Pharm Sci 2: 658-666.
- Pratama M, Warsiki E, Haditjaroko L. 2015. Identification of phenol red as *Staphylococcus aureus* indicator label. Proceeding of Int. Conference on Adaptive and Intelligent Agroindustry. Bogor, 3-4 Agustus 2015. 206-209.
- Pratama M, Warsiki E, Haditjaroko L. 2016. Kinerja label untuk memprediksi umur simpan pempek pada berbagai kondisi penyimpanan. J Teknol Industri Pertanian 26: 321-332.
- Rosdiana. 2002. Pengaruh Penyimpanan dan Pemasakan terhadap Mutu Gizi dan Organoleptik Empek-Empek. [Tesis]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Rathore A, Pradhan MK. 2017. Hybrid cellulose biocomposites from banana and jute fibre - a review of preparation, properties and applications. Mater Today-Proc 4: 3942-3951. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.02.294.
- Sari RP, Wulandari ST, Wardhani DH. 2013. Pengaruh penambahan ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) terhadap karakteristik edible film pati ganyong (*Canna edulis* Kerr). J Teknol Kimia Industri 2: 82-87.
- Sembiring WB. 2011. Penggunaan Kitosan sebagai Pembentukan Gel dan Edible Coating serta Pengaruh Penyimpanan Suhu Ruang terhadap mutu dan Daya Awet Empek-Empek. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sirelkhatim A, Mahmud S, Seeni A, Kaus NHM, Ann LC, Bakhori SKM, Hasan H, Mohamad D. 2015. Review on zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism. Nano-Micro Lett 7: 219-242. DOI: 10.1007/s40820-015-0040-x.

- Songsaeng S, Sophanodora P, Kaewsrihong J, Ohshima T. 2010. Effect of different storage conditions on quality of white-scar oyster (*Crassostrea belcheri*). *Int Food Res J* 17: 491-500.
- Suliman HMA, Bari LOA, Hafiz MA. 2012. Determination of quality and shelf life of three marine fishes (coral trout, greasy grouper and red mouthed bream) based on total volatile nitrogen test (TVN). *Int J Livest Res* 2: 227-235
- Valero A, Pérez-Rodríguez F, Carrasco E, Fuentes-Alventosa JM, García-Gimeno RM, Zurera G. 2009. Modelling the growth boundaries of *Staphylococcus aureus*: Effect of temperature, pH and water activity. *Int J Food Microbiol* 133: 186-194. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.05.023
- Warsiki E, Sunarti TC, Nurmala L. 2013. Kemasan antimikrob untuk memperpanjang umur simpan bakso ikan. *J Ilmu Pertanian Indonesia* 18: 125-131.
- Warsiki E, Rahayuningsih M, Haditjaroko L, Pratama M. 2015. Kemasan berindikator sebagai pemantau kualitas pempek. *Prosiding Seminar Hasil-Hasil PPM IPB* 1: 192-200.
- Yunita M, Hendrawan Y, Yulianingsih R. 2015. Analisis kuantitatif mikrobiologi pada makanan penerbangan (aerofood ACS) Garuda Indonesia berdasarkan TPC (Total Plate Count) dengan metode pour plate. *J Keteknikan Pertanian Trop Biosis* 3: 237-248.